



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Διδακτορική διατριβή

**ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ ΣΕ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ
ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ
ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΠΑΜΠΟΡΗΣ

Λεμεσός, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διδακτορική διατριβή

ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΠΑΜΠΟΡΗΣ

Λεμεσός, Οκτώβριος 2022

Έντυπο έγκρισης

Διδακτορική διατριβή

**ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ ΣΕ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ
ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΕΞΕΤΑΣΗ
ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ**

Παρουσιάστηκε από

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΠΑΜΠΟΡΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Κρίστης Χρυσοστόμου, Καθηγητής

Υπογραφή



Μέλος επιτροπής: Πέτρος Χρίστου, Αναπληρωτής Καθηγητής

Υπογραφή



Μέλος επιτροπής: Διόφαντος Γλ. Χατζημιτσής, Καθηγητής

Υπογραφή



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Οκτώβριος 2022

Διδακτορική διατριβή

**ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ ΣΕ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ
ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΕΞΕΤΑΣΗ
ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ**

Παρουσιάστηκε από

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΠΑΜΠΟΡΗΣ

Επιτροπή Παρακολούθησης:

Επιβλέπων Καθηγητής: Κρίστης Χρυσοστόμου, Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής: Σωτήρης Καλογήρου, Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής: Παύλος Χριστοδουλίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Οκτώβριος 2022

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Γεώργιος Δ. Παμπόρης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από αυτή τη θέση θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους βοήθησαν στην πραγματοποίηση της παρούσας διατριβής, ξεκινώντας από τον επιβλέποντα μου Καθηγητή Κρίστη Χρυσοστόμου, και τα μέλη της επιτροπής παρακολούθησης Καθηγητή Σωτήρη Καλογήρου και Επίκουρο Καθηγητή Παύλο Χριστοδουλίδη, για την καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπό μου. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Αναπληρωτή Καθηγητή Πέτρο Χρίστου και Καθηγητή Διόφαντο Χατζημιτσή.

Ολόθερμες ευχαριστίες θέλω, επίσης, να εκφράσω στην οικογένειά μου που χωρίς την αμέριστη αγάπη και υποστήριξη τους δεν θα μπορούσα να ανταπεξέλθω καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Η υπομονή και η ψυχολογική συμπαράσταση που μου προσέφερε ήταν καταλυτική για την επιτυχής περάτωση της διατριβής μου.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην γυναίκα μου για την κατανόηση και τη στήριξη της που μου προσέφερε κατά τη συγγραφή του πονήματός μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με βάση τα τρέχοντα δεδομένα της ενεργειακής και οικονομικής κρίσης είναι αναμφίβολο ότι υπάρχει η ανάγκη να μελετηθεί και να προσδιοριστεί μια μεθοδολογία, η οποία θα υποδεικνύει κατά πόσο μια επέμβαση αναβάθμισης σε υφιστάμενο κτίριο, είναι η βέλτιστη επέμβαση αναβάθμισης ως προς το οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Στην εισαγωγή της παρούσας διατριβής γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση και παρουσιάζεται η βασική αντίληψη της διεθνούς ακαδημαϊκής κοινότητας ως προς την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης στον πλανήτη, επισημαίνοντας τους τομείς που αφορά. Επιπρόσθετα γίνεται μια επισκόπηση των διαφόρων προτεινόμενων προτύπων κατασκευής σύγχρονων ενεργειακών κτιρίων και του κτιριακού αποθέματος κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε αυτή τη βάση ερευνώνται οι πρακτικές επεμβάσεις υφιστάμενων κτιρίων, δηλαδή η μείωση του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος, που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Με την ολοκλήρωση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, εξετάζονται οι μέθοδοι για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με βάση την ανάλυση του κύκλου ζωής του υφιστάμενου κτιρίου, και αναλύονται οι πολυκριτηριακές μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των επεμβάσεων.

Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση και την υποστήριξη του μοντέλου αξιολόγησης της μεθοδολογίας. Στο ίδιο κεφάλαιο επεξηγούνται όλοι οι ορισμοί των ενεργειών, κριτηρίων, σεναρίων και όλων των σχετικών παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο αξιολόγησης, με την πλήρη ανάπτυξη και περιγραφή του λογικού διαγράμματος του μοντέλου αξιολόγησης. Στα υποκεφάλαια γίνεται η περιγραφή του κάθε σταδίου, με αναφορά σε κάθε τμήμα της μεθοδολογίας, στις βάσεις δεδομένων και στο λογισμικό που εφαρμόστηκε.

Στο κεφάλαιο 3 ακολουθούν παραμετρικές αναλύσεις υφιστάμενων κτιρίων, και η εξήγηση των αποτελεσμάτων τους με βάση τους δείκτες κατάταξης της μεθοδολογίας, και υποδεικνύεται ο βέλτιστος συνασπισμός επεμβάσεων για την κάθε περίπτωση υφιστάμενου κτιρίου ξεχωριστά. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 4 γίνεται σχολιασμός των κύριων αποτελεσμάτων και τέλος στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα τελικά

συμπεράσματα της μεθοδολογίας, με αναφορά στον τελικό σκοπό του επικείμενου ελέγχου, δηλαδή την επίτευξη ελεγχόμενων ολοκληρωμένων επεμβάσεων ανακαινίσεων σε υφιστάμενα κτίρια, με απώτερο στόχο τον εντοπισμό της βέλτιστης πρακτικής όσον αφορά στο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα.

Με βάση τα πιο πάνω, η μεθοδολογία της παρούσας διατριβής στοχεύει στην αξιολόγηση κάθε πιθανής επέμβασης σε υφιστάμενο κτίριο στη βάση ενός προτεινόμενου πλαισίου, με στόχο το βέλτιστο σχεδιασμό της κάθε επέμβασης αναβάθμισης, και τελικό σκοπό την μείωση του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος του κτιρίου.

Λέξεις κλειδιά: NZEB, Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Στατική/Αντισεισμική και Ενεργειακή Αναβάθμιση, Πολυκριτηριακή Ανάλυση

ABSTRACT

Based on the recent data of the energy and financial crisis, there is no doubt that there is a need to study and determine a methodology, which will indicate whether a proposed upgrading technique for an existing building is the optimal solution in terms of economic and environmental footprint.

In the introduction of this thesis, a bibliographic review is carried out and the basic knowledge of the international academic community regarding the estimation of energy consumption on the planet is presented, highlighting the sectors it concerns. In addition, there is an overview of the various proposed construction standards for modern energy buildings and the building stock of the European Union Member States.

On this basis, the intervention practices of existing buildings are investigated, i.e., the reduction of the environmental and economic footprint, which is the subject of this research. With the completion of the bibliographic review, the methods for calculating the environmental footprint are examined, based on the analysis of the life cycle of the existing building and the multi-criteria methods that will be used to evaluate the interventions are analyzed.

Chapter 2 provides a detailed presentation of the methods used to implement and support the methodology evaluation model. In the same chapter, with the full development and description of the logic diagram of the evaluation model, all definitions of actions, criteria, scenarios, and all relevant parameters considered in the evaluation model are explained. The subsections describe each stage, with reference to each part of the methodology, the databases and the software that was applied.

In chapter 3, parametric analyses of existing buildings are presented, and their results are explained based on the ranking indicators of the methodology. Additionally, the optimal intervention coalition is indicated for each case of an existing building separately. Then in chapter 4 there is a report on the main results, and finally in chapter 5 the final conclusions of the methodology are presented, with reference to the final objective of the examination, i.e., the achievement of controlled integrated renovation interventions in existing buildings, with the optimum aim of identifying the best practice in terms of environmental and economic footprint.

Based on the above, the methodology of this thesis aims to evaluate every possible intervention in an existing building based on a proposed framework, with the aim of optimal planning of each upgrade intervention, and the goal is to reduce the environmental and economic footprint of the building.

Keywords: NZEB, Life cycle Analysis, Earthquake Resistance and Energy Upgrade
Multi criteria decision analysis

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xviii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xxix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xxxii
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	1
1.1.1 Ενεργειακή κατανάλωση και κατανάλωση κτιριακού αποθέματος.	1
1.1.2 Πρότυπα κτίρια με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση.....	9
1.1.3 Ανάλυση Κύκλου Ζωής Κτιρίων	17
1.1.4 Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης.....	28
1.1.5 Πρακτική ανακαίνισης υφιστάμενων κτιρίων στην Ε.Ε	33
1.1.6 Πρακτικές επεμβάσεων άλλων ερευνητών σε υφιστάμενα κτίρια.....	41
1.1.7 Ερευνητικό ερώτημα	46
1.1.8 Ερευνητικές υποθέσεις	48
2 Μεθοδολογία Έρευνας.....	49
2.1 Μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης	50
2.1.1 Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία	50
2.1.2 Μέθοδος ιεράρχησης εναλλακτικών λύσεων.	50
2.1.3 Τεκμηρίωση επιλογής μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης	52
2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων	59
2.3 Λογισμικό ενεργειακής κατάταξης κτιρίων i-SBEM-cy	59
2.4 Λογισμικό Υπολογισμού Φέρουσας Ικανότητας.....	62

2.5	Βάσεις δεδομένων περιβαλλοντικού αποτυπώματος.....	63
2.6	Ορισμός του σκοπού και του στόχου μοντέλου αξιολόγησης.....	63
2.7	Ορισμός κριτηρίων αξιολόγησης.	65
2.8	Ορισμός ενεργειών επιρροής κριτηρίων αξιολόγησης.....	67
2.9	Ορισμός ανάλυσης ευαισθησίας στο μοντέλο αξιολόγησης.	69
2.10	Ορισμός Δεικτών κατάταξης Συνασπισμών/Σεναρίων Επέμβασης.	73
2.11	Λογικό διάγραμμα του μοντέλου αξιολόγησης	75
2.11.1	Επεξήγηση για το Στάδιο 1 του μοντέλου αξιολόγησης - Καθορισμός ενεργειών.	76
2.11.2	Επεξήγηση για το Στάδιο 2 του μοντέλου αξιολόγησης - Αποτίμηση φέρουσας ικανότητα του υφιστάμενου κτιρίου.	82
2.11.3	Επεξήγηση για το Στάδιο 3α του μοντέλου αξιολόγησης	85
2.11.4	Επεξήγηση για το Στάδιο 3β του μοντέλου αξιολόγησης	91
2.11.5	Επεξήγηση για το Στάδιο 4: Μέθοδος αναλυτικής ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process) του μοντέλου αξιολόγησης	97
2.11.6	Επεξήγηση για το Στάδιο 5: Multicriteria Analysis του μοντέλου αξιολόγησης.....	108
2.11.6.1	Σενάριο A ₅₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 50 χρόνια με την μέθοδο Promethee.	117
2.11.6.2	Σενάριο A ₇₅ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 75 χρόνια με την μέθοδο Promethee.	123
2.11.6.3	Σενάριο A ₁₀₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 100 χρόνια με την μέθοδο Promethee.	128
2.11.6.4	Σενάριο B ₅₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 50 χρόνια με την μέθοδο Promethee.	133
2.11.6.5	Σενάριο B ₇₅ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 75 χρόνια με την μέθοδο Promethee.	138

2.11.6.6	Σενάριο B ₁₀₀ και με προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια με την μέθοδο Promethee.....	144
2.11.6.7	Σενάριο Γ50 και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 90 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 50 χρόνια επιπλέον λόγω της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.....	151
2.11.6.8	Σενάριο Γ75 και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 75 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 115 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 75 χρόνια επιπλέον λόγω της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.....	157
2.11.6.9	Σενάριο Γ ₁₀₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 140 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 100 χρόνια επιπλέον λόγω της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.	163
2.11.7	Επεξήγηση για το Στάδιο 6 του μοντέλου αξιολόγησης	172
3	Παραμετρικές αναλύσεις και αποτελέσματα.	177
3.1	Ανάλυση 1.-Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 1 και σεισμική ζώνη 3.	180
3.1.1	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	191
3.1.2	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	193
3.1.3	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	195
3.1.4	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.	196

3.1.5	Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 1 και σεισμική ζώνη 3.	198
3.2	Ανάλυση 2 - Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 2 και σεισμική ζώνη 2.	206
3.2.1	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	206
3.2.2	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	209
3.2.3	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	211
3.2.4	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.	213
3.2.5	Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 2 και σεισμική ζώνη 2.	215
3.3	Ανάλυση 3 - Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1.	223
3.3.1	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	223
3.3.2	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	225
3.3.3	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	227
3.3.4	Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.	229
3.3.5	Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1.	231
3.4	Συγκριτικά διαγράμματα των ενεργειών των κριτηρίων για κάθε κλιματική και σεισμική ζώνη.	239

4 Συζήτηση και σχολιασμός των κύριων αποτελεσμάτων του μοντέλου αξιολόγησης	252
5 Συμπεράσματα.....	256
6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	259
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	261
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	275
Ιδιότητες υφιστάμενης ενεργειακής κατάταξης υφιστάμενου κτιρίου	275
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	276
Ιδιότητες ενεργειακής κατάταξης αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου	276
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.....	278
Σύστημα αντισεισμικής αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου.....	278
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV	280
Διαγράμματα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών επιρροής	280

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συνοπτικός Πίνακας ανάλυσης πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των ορισμών ZEB	11
Πίνακας 2: Συνοπτικός Πίνακας για τυπικά κριτήρια αξιολόγησης των συστημάτων παροχής ενέργειας,	55
Πίνακας 3: Επεξηγηματικός πίνακας βαθμονόμησης σπουδαιότητας κριτηρίων, [95].	57
Πίνακας 4: Πίνακας συγκρίσεως κριτηρίων όπου A_i : επιλογή και m : πλήθος επιλογών,	58
<i>Πίνακας 5: Πίνακας τελικής κατάταξης των ενεργειών ενός Σεναρίου.</i>	<i>72</i>
<i>Πίνακας 6: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 1 του μοντέλου αξιολόγησης.</i>	<i>81</i>
<i>Πίνακας 7: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 1 ($\alpha_g R = 0,15g$)</i>	<i>84</i>
<i>Πίνακας 8: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 2 ($\alpha_g R = 0,20g$).</i>	<i>84</i>
<i>Πίνακας 9: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 3 ($\alpha_g R = 0,25g$).</i>	<i>85</i>
<i>Πίνακας 10: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 3α του μοντέλου αξιολόγησης.</i>	<i>90</i>
<i>Πίνακας 11: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 3β του μοντέλου αξιολόγησης.</i>	<i>96</i>
Πίνακας 12: Επεξηγηματικός πίνακας βαθμονόμησης σπουδαιότητας κριτηρίων, [97].	98
Πίνακας 13: Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο Πίνακας συγκρίσεως για 9 περιβαλλοντικά κριτήρια όπου A_i κριτήριο και a_{ij} τιμές σχετικής σημασίας ανά ζεύγη.	99
Πίνακας 14: Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο Πίνακας συγκρίσεως για 7 οικονομικά κριτήρια όπου A_i κριτήριο και a_{ij} τιμές σχετικής σημασίας ανά ζεύγη.	99
Πίνακας 15: Η μήτρα σύγκρισης για τα 9 περιβαλλοντικά κριτήρια με τις τιμές σχετικής σημασίας.....	102

<i>Πίνακας 16:</i> Η μήτρα σύγκρισης για τα 7 οικονομικά κριτήρια με τις τιμές σχετικής σημασίας.	102
<i>Πίνακας 17:</i> Πίνακας με τιμές του δείκτη ACI	105
<i>Πίνακας 18:</i> Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια.	107
<i>Πίνακας 19:</i> Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα οικονομικά κριτήρια.	107
<i>Πίνακας 20:</i> Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κριτήρια με βαθμό επηρεασμού των δυο κατηγοριών συμπλεγμάτων να είναι 50% Περιβαλλοντικά - 50% Οικονομικά.....	107
<i>Πίνακας 21:</i> Πίνακας αρίθμησης των ενεργειών του μοντέλου αξιολόγησης.	119
<i>Πίνακας 22:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A ₅₀	122
<i>Πίνακας 23:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A ₇₅	127
<i>Πίνακας 24:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A ₁₀₀	131
<i>Πίνακας 25:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B ₅₀	136
<i>Πίνακας 26:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B ₇₅	142
<i>Πίνακας 27:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B ₁₀₀	148
<i>Πίνακας 28:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ ₅₀	154
<i>Πίνακας 29:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ ₇₅	160
<i>Πίνακας 30:</i> Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ ₁₀₀	166
<i>Πίνακας 31:</i> Πίνακας με χρονολογίες κατασκευής των κτιρίων και ενεργειακά δεδομένα της παραμετρικής ανάλυσης.	179

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Τελική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών των κρατών μελών της ΕΕ-25 κράτη.....	3
Διάγραμμα 2: Οι σύνθετες αλληλεπιδράσεις του ενεργειακού συστήματος επιλογής συστήματος ενεργειακού εφοδιασμού.....	7
Διάγραμμα 3: Απεικόνιση της διαδικασίας πολυκριτηριακής ανάλυσης	30
Διάγραμμα 4: Συνοπτικός Πίνακας αριθμού κατοικιών ανά έτος κατασκευής.....	35
Διάγραμμα 5: Οι 6 τύποι κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE.....	54
Διάγραμμα 6: Αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	70
Διάγραμμα 7: Αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	71
Διάγραμμα 8: Λογικό διάγραμμα της μεθοδολογίας μοντέλου αξιολόγησης.	75
Διάγραμμα 9: Χρωματισμοί που παρουσιάζονται οι δείκτες στο μοντέλο αξιολόγησης.....	111
Διάγραμμα 10: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων	112
Διάγραμμα 11: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων	113
Διάγραμμα 12: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων	113
Διάγραμμα 13: Σενάριο A ₅₀ τιμές ενεργειών.....	115
Διάγραμμα 14: Σενάριο A ₅₀ τιμές ενεργειών.....	118
Διάγραμμα 15: Σενάριο A ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	120
Διάγραμμα 16: Σενάριο A ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	121
Διάγραμμα 17: Σενάριο A ₇₅ τιμές ενεργειών.....	125
Διάγραμμα 18: Σενάριο A ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	126

Διάγραμμα 19: Σενάριο A ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	126
Διάγραμμα 20: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₅₀ αριστερά με το Σενάριο A ₇₅ στα δεξιά.....	127
Διάγραμμα 21: Σενάριο A ₁₀₀ τιμές ενεργειών	129
Διάγραμμα 22: Σενάριο A ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	130
Διάγραμμα 23: Σενάριο A ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	130
Διάγραμμα 24: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₇₅ αριστερά με το Σενάριο A ₁₀₀ στα δεξιά.....	132
Διάγραμμα 25: Σενάριο B ₅₀ τιμές ενεργειών.....	134
Διάγραμμα 26: Σενάριο B ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	135
Διάγραμμα 27: Σενάριο B ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	135
Διάγραμμα 28: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₅₀ αριστερά με το Σενάριο B ₅₀ στα δεξιά.....	137
Διάγραμμα 29: Σενάριο B ₇₅ τιμές ενεργειών.....	140
Διάγραμμα 30: Σενάριο B ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	141
Διάγραμμα 31: Σενάριο B ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	141
Διάγραμμα 32: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B ₅₀ αριστερά με το Σενάριο B ₇₅ στα δεξιά.....	143
Διάγραμμα 33: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₇₅ αριστερά με το Σενάριο B ₇₅ στα δεξιά.....	144
Διάγραμμα 34: Σενάριο B ₁₀₀ τιμές ενεργειών	145

Διάγραμμα 35: Σενάριο B ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.....	146
Διάγραμμα 36: Σενάριο B ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	147
Διάγραμμα 37: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B ₇₅ αριστερά και με το Σενάριο B ₁₀₀ στα δεξιά.....	149
Διάγραμμα 38: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₁₀₀ αριστερά και με το Σενάριο B ₁₀₀ στα δεξιά.	150
Διάγραμμα 39: Σενάριο Γ ₅₀ τιμές ενεργειών	152
Διάγραμμα 40: Σενάριο Γ ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.	153
Διάγραμμα 41: Σενάριο Γ ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	154
Διάγραμμα 42: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₅₀ αριστερά και με το Σενάριο Γ ₅₀ στα δεξιά.	155
Διάγραμμα 43: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B ₅₀ αριστερά και με το Σενάριο Γ ₅₀ στα δεξιά.	156
Διάγραμμα 44: Σενάριο Γ ₇₅ τιμές ενεργειών	158
Διάγραμμα 45: Σενάριο Γ ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.	159
Διάγραμμα 46: Σενάριο Γ ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.....	160
Διάγραμμα 47: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Γ ₅₀ αριστερά και με το Σενάριο Γ ₇₅ στα δεξιά.	161
Διάγραμμα 48: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A ₇₅ αριστερά και με το Σενάριο Γ ₇₅ στα δεξιά.	162
Διάγραμμα 49: Σενάριο Γ ₁₀₀ τιμές ενεργειών.....	164

Διάγραμμα 50: Σενάριο Γ ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.	165
Διάγραμμα 51: Σενάριο Γ ₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.	166
Διάγραμμα 52: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Γ ₇₅ αριστερά και με το Σενάριο Γ ₁₀₀ στα δεξιά.	167
Διάγραμμα 53: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Α ₁₀₀ με το Σενάριο Γ ₁₀₀ στα δεξιά.	168
Διάγραμμα 54: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Β ₁₀₀ με το Σενάριο Γ ₁₀₀ στα δεξιά.	169
Διάγραμμα 55: Σύγκριση των σεναρίων με βάση τον άξονα απόφασης.	170
Διάγραμμα 56: Σύγκριση των σεναρίων.	171
Διάγραμμα 57: Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	174
Διάγραμμα 58: Final Life Cycle Total Cost (€)(euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	175
Διάγραμμα 59: $D.M.I = Blue\ Building\ Investment(B.B.I)Index + Green\ Building\ Gas\ CO_2\ (G.B.G.C)index$	176
Διάγραμμα 60: Σεισμικές ζώνες στην Κυπριακή Δημοκρατία.....	178
Διάγραμμα 61: Κλιματικές ζώνες στην Κυπριακή Δημοκρατία	179
Διάγραμμα 62 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	181
Διάγραμμα 63 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	181
Διάγραμμα 64 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	182
Διάγραμμα 65 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	183

Διάγραμμα 66: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	183
Διάγραμμα 67 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	184
Διάγραμμα 68 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	185
Διάγραμμα 69 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	186
Διάγραμμα 70 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	186
Διάγραμμα 71: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	187
Διάγραμμα 72 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	188
Διάγραμμα 73 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	189
Διάγραμμα 74 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	189
Διάγραμμα 75 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	190
Διάγραμμα 76: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	190
Διάγραμμα 77 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	191
Διάγραμμα 78 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	192
Διάγραμμα 79: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	192

Διάγραμμα 80 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	193
Διάγραμμα 81 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	194
Διάγραμμα 82: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building</i> <i>Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	194
Διάγραμμα 83 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	195
Διάγραμμα 84 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	195
Διάγραμμα 85: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building</i> <i>Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	196
Διάγραμμα 86 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	197
Διάγραμμα 87 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	197
Διάγραμμα 88: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building</i> <i>Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	198
Διάγραμμα 89 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	198
Διάγραμμα 90 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	199
Διάγραμμα 91: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building</i> <i>Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	199
Διάγραμμα 92 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	200
Διάγραμμα 93 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	200

Διάγραμμα 94: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	201
Διάγραμμα 95 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	201
Διάγραμμα 96 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	202
Διάγραμμα 97: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	202
Διάγραμμα 98 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	203
Διάγραμμα 99 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	204
Διάγραμμα 100: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	205
Διάγραμμα 101 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	207
Διάγραμμα 102 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	208
Διάγραμμα 103: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	208
Διάγραμμα 104 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	209
Διάγραμμα 105 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	210
Διάγραμμα 106: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	211
Διάγραμμα 107 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	211

Διάγραμμα 108 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	212
Διάγραμμα 109: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	212
Διάγραμμα 110 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	213
Διάγραμμα 111 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	214
Διάγραμμα 112: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	214
Διάγραμμα 113 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	215
Διάγραμμα 114 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	215
Διάγραμμα 115: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	216
Διάγραμμα 116 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	216
Διάγραμμα 117 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	217
Διάγραμμα 118: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	217
Διάγραμμα 119 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	218
Διάγραμμα 120 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	218
Διάγραμμα 121: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	219

Διάγραμμα 122 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	220
Διάγραμμα 123 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	221
Διάγραμμα 124: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	222
Διάγραμμα 125 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	224
Διάγραμμα 126 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	224
Διάγραμμα 127: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	225
Διάγραμμα 128 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	225
Διάγραμμα 129 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	226
Διάγραμμα 130: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	227
Διάγραμμα 131 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	227
Διάγραμμα 132 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	228
Διάγραμμα 133: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index</i>	228
Διάγραμμα 134 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	229
Διάγραμμα 135 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	230

Διάγραμμα 136: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	231
Διάγραμμα 137 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	231
Διάγραμμα 138 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	232
Διάγραμμα 139: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	232
Διάγραμμα 140 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	233
Διάγραμμα 141 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	233
Διάγραμμα 142: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	234
Διάγραμμα 143 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	234
Διάγραμμα 144 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	235
Διάγραμμα 145: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	235
Διάγραμμα 146 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).....	236
Διάγραμμα 147 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO ₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)	237
Διάγραμμα 148: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = <i>Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index</i>	238
Διάγραμμα 149: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	240

Διάγραμμα 150: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	241
Διάγραμμα 151: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	242
Διάγραμμα 152: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013	243
Διάγραμμα 153: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	244
Διάγραμμα 154: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	245
Διάγραμμα 155: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	246
Διάγραμμα 156: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.	247
Διάγραμμα 157: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.	248
Διάγραμμα 158: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.	249
Διάγραμμα 159: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.	250
Διάγραμμα 160: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013	251

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Zero Energy Building	Κτίριο Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης
Nearly Zero Energy Buildings	Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης
Sustainable Structural Design	Βιώσιμη Στατική Μελέτη
Analytic Hierarchy Process	Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία
Multiattribute Utility Theory	Θεωρία χρησιμότητας πολλαπλών ιδιοτήτων
Multi Criteria Decision Analysis	Λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων
Multi-Objective Decision Making	Λήψη Αποφάσεων Πολλαπλών Στόχων
Multi-Attribute Decision Making	Λήψη αποφάσεων πολλαπλών χαρακτηριστικών
Multi-Criteria Decision Making	Πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων
Life Cycle impact Assessment	Αξιολόγηση επιπτώσεων Κύκλου Ζωής
Life Cycle Analysis	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
Life Cycle Inventory	Απογραφή Κύκλου Ζωής
Life Cycle Costing	Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής
Sustainable Structural Design	Βιώσιμος Δομικός Σχεδιασμός
simplified Performance Based Assessment	Απλοποιημένη αξιολόγηση βάσει απόδοσης
Analytic Hierarchy Process	Διαδικασία Αναλυτικής Ιεραρχίας
Multi-Attribute Utility Theory	Θεωρία χρησιμότητας πολλαπλών χαρακτηριστικών
Weighted Product Model	Σταθμισμένο μοντέλο προϊόντος
Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution	Τεχνική για Σειρά Προτίμησης κατά Ομοιότητα με Ιδανική Λύση

Elimination and Choice Expressing Reality	Εξάλειψη και επιλογή μεταφραστικής πραγματικότητας
Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations	Μέθοδος οργάνωσης κατάταξης προτιμήσεων για εμπλουτισμό των αξιολογήσεων
Eurocode 8 – Part 3	Ευρωκώδικας -8 Μέρος 3
Existing Energy Consumption Footprint (CO ₂)	Υπάρχον αποτύπωμα ενεργειακής κατανάλωσης (CO ₂)
Subsequently Energy Consumption Footprint (CO ₂)	Μεταγενέστερο αποτύπωμα ενεργειακής κατανάλωσης (CO ₂)
Structural Upgrade Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα δομικής αναβάθμισης CO ₂
Existing Structure Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα υφιστάμενης δομικής κατασκευής CO ₂
Energy Label Upgrade Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα ενεργειακής αναβάθμισης
Subsequently building and structure maintenance Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα συντήρηση κατασκευής μεταγενέστερα της επέμβασης αναβάθμισης
Existing building and structure maintenance Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα συντήρηση κατασκευής πριν την επέμβαση αναβάθμισης
Existing Demolition Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα κατεδάφισης υφιστάμενης κατασκευής πριν την επέμβαση αναβάθμισης
Subsequently Demolition Footprint (CO ₂)	Αποτύπωμα κατεδάφισης αναβαθμισμένης κατασκευής μεταγενέστερα της επέμβασης αναβάθμισης
Existing Energy Consumption Cost (€)	Υφιστάμενο κόστος ενεργειακής κατανάλωσης πριν την επέμβαση αναβάθμισης
Subsequently Energy Consumption Cost (€)	Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης μεταγενέστερα της επέμβασης αναβάθμισης
Structural Upgrade Cost (€)	Κόστος δομικής αναβάθμισης κτιρίου
Existing Structure Cost (€)	Κόστος υφιστάμενης δομής πριν την επέμβαση αναβάθμισης
Energy Label Upgrade Cost (€)	Κόστος ενεργειακής αναβάθμισης

Existing Demolition Cost (€)	Κόστος κατεδάφισης κατασκευής πριν την επέμβαση αναβάθμισης
Subsequently Demolition Cost (€)	Κόστος κατεδάφισης κατασκευής μεταγενέστερα της επέμβασης αναβάθμισης
Subsequently Building and Structure Maintenance Cost (€)	Κόστος συντήρησης αναβαθμισμένου κτιρίου και κατασκευής μεταγενέστερα της επέμβασης αναβάθμισης.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AEKK	Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών & Κατεδαφίσεων
A.K.Z	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
CI	Δείκτης Συνέπειας
CR	Λόγος Συνέπειας
XYTA	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
TII	Τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου
ZEB	Zero Energy Building
IEA-EBC	International Energy Agency's Energy in Buildings and Communities Program
NZEB	Nearly Zero Energy Buildings
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
MODM	Multi- Objective Decision Making
MADM	Multi- Attribute Decision Making
MCDM	Multi- Criteria Decision Making
LCIA	Life Cycle impact Assessment
LCA	Life Cycle Analysis
LCI	Life Cycle Inventory
LCC	Life Cycle Costing
SSD	Sustainable Structural Design
sPBA	simplified Performance Based Assessment
AHP	Analytic Hierarchy Process
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
WPM	Weighted Product Model
WSM	Weighted Sum Model

TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations
EC8-3	Eurocode 8 – Part 3
EECF	Existing Energy Consumption Footprint (CO ₂)
SECF	Subsequently Energy Consumption Footprint (CO ₂)
SUF	Structural Upgrade Footprint (CO ₂)
ESF	Existing Structure Footprint (CO ₂)
ELUF	Energy Label Upgrade Footprint (CO ₂)
SBSMF	Subsequently building and structure maintenance Footprint (CO ₂)
EBSMF	Existing building and structure maintenance Footprint (CO ₂)
EDF	Existing Demolition Footprint (CO ₂)
SDF	Subsequently Demolition Footprint (CO ₂)
EECC	Existing Energy Consumption Cost (€)
SEC	Subsequently Energy Consumption Cost (€)
SUC	Structural Upgrade Cost (€)
ESC	Existing Structure Cost (€)
ELUC	Energy Label Upgrade Cost (€)
EDC	Existing Demolition Cost (€)
SDC	Subsequently Demolition Cost (€)
SBSMC	Subsequently Building and Structure Maintenance Cost (€)

EBSMC	Existing Building and structure Maintenance Cost (€)
TRNSYS	Transient System Simulation
GenOpt	Generic Optimization

1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση για διάφορα θέματα που έχουν σχέση με το αντικείμενο της διατριβής. Κάθε θέμα έχει χωριστεί σε υπό-κεφάλαια όπως φαίνεται πιο κάτω. Αφού γίνει η βιβλιογραφική ανασκόπηση διατυπώνεται το ερευνητικό ερώτημα που θα απασχολήσει τη διατριβή καθώς επίσης και ερευνητικές υποθέσεις που έγιναν.

1.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.1.1 Ενεργειακή κατανάλωση και κατανάλωση κτιριακού αποθέματος.

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, προκαλεί ολοένα και περισσότερες ανησυχίες για τη μελλοντική εξέλιξη του πλανήτη. Αρκετές μελέτες έχουν επανεξετάσει τις εκτιμήσεις για την παγκόσμια μέση ροή ενέργειας στον πλανήτη [1-3]. Επίσης έχουν γίνει από διάφορους μελετητές έρευνες για τον ενεργειακό προϋπολογισμό και τον παγκόσμιο ετήσιο μέσο όρο ροής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης [4-6]. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και μετρήσεις που έχουν γίνει οι οποίες παρουσιάζουν αρκετές νέες εκτιμήσεις για το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη [7-8]. Επίσης έγιναν μελέτες οι οποίες παρέχουν μια εκτίμηση για το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη, βασιζόμενες σε μετρήσεις της ακτινοβολίας πάνω στην επιφάνειά του πλανήτη, αλλά και στην υψηλότερη επιφάνεια της ατμόσφαιρας του [9-11]. Έτσι καταλήγουν όλοι, σε μια νέα εκτίμηση βασιζόμενοι σε διάφορα μοντέλα και μετρήσεις. Έχουν πραγματοποιήσει μια σειρά από υπολογισμούς για την ακτινοβολία, με στόχο να εξετάσουν τα φασματικά χαρακτηριστικά των εισερχόμενων και εξερχόμενων ακτινοβολιών. Με αυτό τον τρόπο έχουν προσδιορίσει τον ρόλο των νεφών και των διαφόρων αερίων του θερμοκηπίου, στη συνολική ροή της ενεργειακής ακτινοβολίας του πλανήτη.

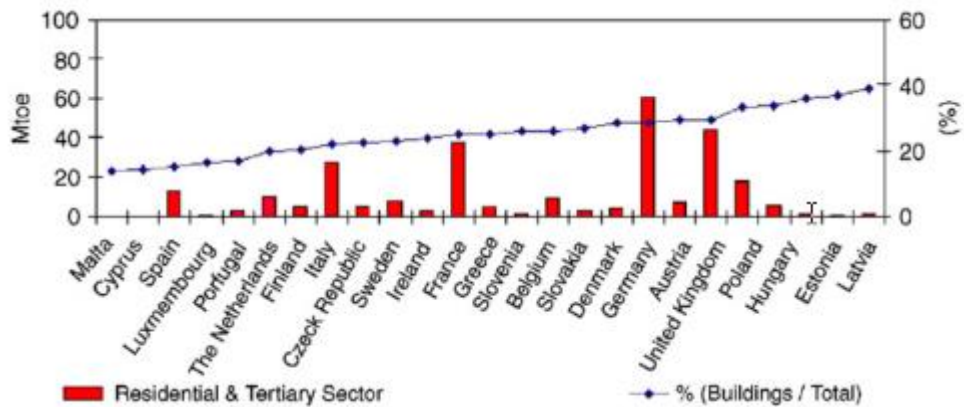
Έτσι η Ευρωπαϊκή Ένωση για να περιορίσει την παραγωγή των διαφόρων αερίων του θερμοκηπίου, εξέτασε την ταυτόχρονη αυξημένη ζήτηση σε καύσιμα των Ευρωπαϊκών Κρατών, με σκοπό τον περιορισμό εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Τελικά οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στη θεσμοθέτηση κανονισμών για περιορισμό του προβλήματος και προέτρεψαν όλα τα κράτη μέλη τη μείωση του περιβαλλοντικού τους

αποτυπώματος. Παράλληλα και προς αυτή την κατεύθυνση η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέστησε σαφές ότι τα κράτη μέλη θα θεσπίσουν τις δικές τους οδηγίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες [12,13].

Παράδειγμα κράτους μέλους της ευρωπαϊκής ένωσης είναι η Κύπρος. Η Κυπριακή Δημοκρατία έχει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και οφείλονται σχεδόν εξολοκλήρου στην κατανάλωση ενέργειας. Εξαιρουμένων των μεταφορών, οι εκπομπές αυτές αυξήθηκαν κατά 61% το 2011 σε σχέση με το 1990 [14]. Ο τομέας των κτιρίων στην Κυπριακή Δημοκρατία καταναλώνει το ένα τρίτο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, και ως εκ τούτου έχει σημαντική συνεισφορά στην αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο η θέρμανση και ο κλιματισμός αντιστοιχούν στο 6,9% των συνολικών εκπομπών [14].

Ταυτόχρονα και σε άλλα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται κυρίως στα υφιστάμενα κτίρια τους. Παράδειγμα για το Ηνωμένο Βασίλειο, έρευνα αναφέρει ότι, το 45% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από τη θέρμανση των κτιρίων, την κυκλοφορία νερού και αέρα στο κτίριο και τη χρήση συσκευών, εκ των οποίων το 27% αφορά κατοικίες και το 18% μη κατοικίες [15]. Το υπόλοιπο 55% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατανέμεται σε 33% στις μεταφορές και 22% στη βιομηχανία. Πιο συγκεκριμένα έχει καταγραφεί ότι, το 1990 ο τομέας της κατοικίας εξέπεμπε ρύπους της τάξης των 154 Mt CO₂, οι οποίοι μειώθηκαν κατά 4% μέχρι το 2005 αγγίζοντας την τιμή των 147 Mt CO₂, με στόχο την περαιτέρω μείωση σε 114 Mt CO₂ μέχρι το 2020 [10].

Γενικά σε όλα τα κράτη μέλη έχουν γίνει καταγραφές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Ερευνητές κατέγραψαν καταναλώσεις για 25 κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης [16]. Το διάγραμμα 1 παρουσιάζει την τελική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών σε 25 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Διάγραμμα 1: Τελική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών των κρατών μελών της ΕΕ-25 κράτη, [16]

Στο διάγραμμα 1, ο αριστερός άξονας παρουσιάζει την ενεργειακή κατανάλωση για τις κατοικίες σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου, ενώ ο δεξιός άξονας το ποσοστό της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης των κατοικιών προς την συνολική ενεργειακή κατανάλωση κάθε κράτους μέλους. Τα μπλε σημεία αποτυπώνουν το εν λόγω ποσοστό για κάθε κράτος μέλος και η μπλε γραμμή απεικονίζει την σειρά των κρατών μελών κατά αύξουσα σειρά κατάταξης.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με την οδηγία Directive 2002/91/EC, η οποία άρχισε να εφαρμόζεται και στην Κύπρο από τον Ιανουάριο του 2008, θέτει περιορισμούς στο σχεδιασμό κτιρίων, έτσι ώστε να προκύπτουν κτίρια με καλύτερη ενεργειακή απόδοση, το οποίο συνεπάγεται και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας [17]. Η εισαγωγή της θερμομόνωσης, η βελτίωση των συστημάτων κλιματισμού αερισμού και ψύξης, καθώς και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα νέα κτίρια, έχει συμβάλει στην βελτίωση του προβλήματος που ονομάζεται «Ενεργειακή απόδοση». Η οδηγία αυτή αποτελεί την αρχική νομοθεσία, ενώ από το 2010, έχει αναθεωρηθεί με τις οδηγίες Directive 2010/30/EU [18], και Directive 2010/31/EU [19].

Ερευνητές κατέδειξαν ότι, ο κτιριακός τομέας στην Ευρώπη είναι ο μεγαλύτερος χρήστης ενέργειας και η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς ευθύνεται στο 37% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης [20]. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη αύξηση των κτιρίων στο χώρο της Ευρώπης, παρόλα αυτά ο ρυθμός απόσυρσης παλαιών κτιρίων, είναι πολύ μικρότερος από τον ρυθμό ανέγερσης καινούργιων κτιρίων. Επομένως προκύπτει άμεσα η ανάγκη της ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων, προς αποφυγή της αυξημένης ενεργειακής

κατανάλωσης κατά τη λειτουργία τους. Ως εκ τούτου οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, στην εξάντληση των φυσικών πόρων και κατά συνέπεια στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής. Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των επιπτώσεων, πρωταρχικό ρόλο αποκτά η εξοικονόμηση ενέργειας, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στην παγκόσμια οικονομία, στην κάλυψη των κοινωνικών και αναπτυξιακών αναγκών και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Παρόμοια ποσοστά καταγράφηκαν και από άλλους ερευνητές [21] σύμφωνα με τους οποίους, η συνεχής αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση στα κτίρια αφορά το 20-40% της συνολικής ενέργειας και το μέγεθός της είναι μεγαλύτερο από την βιομηχανική ενεργειακή κατανάλωση και την ενέργεια που καταναλώνεται στις μεταφορές σε Ευρώπη, αλλά και σε Αμερική. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους ίδιους, το κόστος κλιματισμού στα κτίρια αφορά το 50% της ενεργειακής κατανάλωσης τους και το 10-20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Και άλλοι ερευνητές βασίστηκαν σε πρότυπα έργα και στο ερευνητικό ενδιαφέρον της διεθνούς ακαδημαϊκής κοινότητας, για το πεδίο εφαρμογής των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης [22-33]. Σήμερα, το κόστος αυτό είναι αισθητά υψηλό, και ενδεχομένως το φαινόμενο αυτό να γίνεται μελλοντικά όλο και εντονότερο, με την πιθανή περαιτέρω υπερθέρμανση του πλανήτη, το οποίο θα αποτελεί ένα από τους καθοριστικούς παράγοντες στον οικοδομικό τομέα.

Με βάση τα αναφερόμενα, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου πιθανόν να επηρεάζει τη ροή της ενεργειακής ακτινοβολίας του πλανήτη. Το φαινόμενο αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η παγίδευση θερμότητας στην ατμόσφαιρα και να ενισχύεται το φαινόμενο της υπερθέρμανσής του. Τον περιορισμό του προβλήματος της αυξημένης εκπομπής ρύπων στον πλανήτη είχε θέσει ως κύρια στρατηγική πολιτικής η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτοντας τρεις στρατηγικούς στόχους προς υλοποίηση μέχρι το 2020 [12,13].

- Ο πρώτος στρατηγικός στόχος για το 2020 ήταν να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% συγκριτικά με το έτος 1990. Στα αέρια θερμοκηπίου συμπεριλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), καθώς και τα λεγόμενα φθοριούχα αέρια (υδροφθοράνθρακες, υπερφθοράνθρακες και εξαφθοριούχο θείο (SF_6)).

- Ο δεύτερος στρατηγικός στόχος ήταν η αύξηση κατά 20% του μεριδίου συνεισφοράς από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της τελικής ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης.
- Ο τρίτος στρατηγικός στόχος ήταν η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020 σε σύγκριση με το σενάριο αναφοράς, όπου είναι το έτος 1990.

Περαιτέρω προσπάθειες για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης γεννούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και παράδειγμα είναι η έκδοση της οδηγίας Directive 2010/31/EU [19], η οποία αγγίζει ένα μεγάλο τμήμα της Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας των κτιρίων, εφόσον μελέτες κατέδειξαν ότι ο κτιριακός τομέας κατά μέσο όρο καταναλώνει το 40% της πρωτογενούς ενέργειας. Με την έκδοση της οδηγία Directive 2010/31/EU τα κράτη μέλη καλούνται πλέον να ορίσουν τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτιρίου καθώς και τη μεθοδολογία για την οικονομικά βέλτιστη εφαρμογή της οδηγίας. Επίσης, έχουν το δικαίωμα να διαφοροποιούν τα όρια των ενεργειακών απαιτήσεων ανάλογα με το αν τα κτίρια είναι υφιστάμενα ή νέα, καθώς και ανάλογα με τη λειτουργία του κτιρίου (γραφεία, εργοστάσια, νοσοκομεία κλπ.).

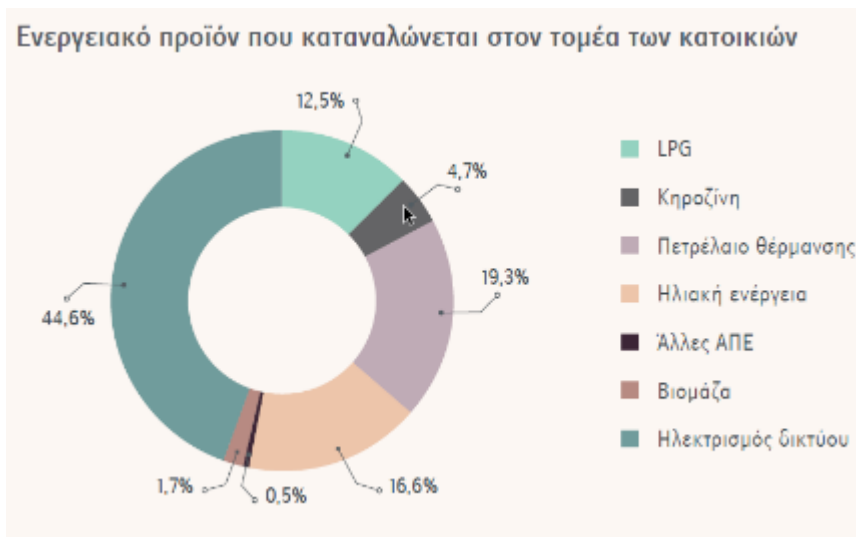
Σε συνέχεια της προσπάθειας της ευρωπαϊκής ένωσης για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει εκδώσει την οδηγία Directive 2012/27/EU [34], σύμφωνα με την οποία κάθε κράτος μέλος πρέπει να θεσπίζει τον ενδεικτικό εθνικό στόχο ενεργειακής απόδοσής του. Με την έκδοση της οδηγίας Directive 2012/27/EU, τα κτίρια έχουν ζωτική σημασία για την επίτευξη του στόχου της μείωσης του φαινομένου του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, δηλαδή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95% έως το 2050, σε σύγκριση με το 1990. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λαμβάνοντας υπόψη τη ραγδαία εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από τις βιοτεχνίες και τον τομέα κατασκευών στην παραγωγή δομικών προϊόντων καθώς και σε επαγγελματικές δραστηριότητες, τόνισε ότι τα κράτη μέλη θα πρέπει να ακολουθούν μια μακροπρόθεσμη στρατηγική πέραν του 2020. Στόχος είναι η κινητοποίηση των επενδυτών για την ανακαίνιση των κατοικιών και των εμπορικών κτιρίων με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του συνολικού κτιριακού αποθέματος. Αυτή η στρατηγική θα πρέπει να προωθήσει οικονομικά αποδοτικές, αλλά και ριζικές ανακαινίσεις που οδηγούν στην μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας (ενέργεια κατανάλωσης λόγω της ανακαίνισης) αλλά και στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης (ενέργεια κατανάλωσης λόγω χρήσης) ενός κτιρίου,

καταλήγοντας η συνολική ενέργεια κατανάλωσης να είναι σε επίπεδο υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

Μέχρι τον Ιούνιο του 2014, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εκτιμούσε ότι θα επιτύχει κατανάλωση ενέργειας που δεν θα υπερβαίνει τα 1,474 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) πρωτογενούς ενέργειας και τα 1,078 εκατομμύρια ΤΙΠ τελικής ενέργειας μέχρι το 2020 [34]. Προς αυτή την κατεύθυνση τα κράτη μέλη θέσπισαν μια μακροπρόθεσμη στρατηγική και κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του υφιστάμενου εθνικού κτιριακού αποθέματος. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει:

- ανασκόπηση του εθνικού κτιριακού αποθέματος που θα βασίζεται, ανάλογα με την περίπτωση, σε στατιστική δειγματοληψία,
- εξεύρεση οικονομικώς αποδοτικών προσεγγίσεων για τις ανακαινίσεις ανάλογα με το είδος κτιρίου και την κλιματική ζώνη,
- πολιτικές και μέτρα για την τόνωση οικονομικώς αποδοτικών ριζικών ανακαινίσεων κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων των σταδιακών ριζικών ανακαινίσεων,
- μια προσανατολισμένη στο μέλλον προοπτική που θα κατευθύνει τις επενδυτικές αποφάσεις των ιδιωτών, του κατασκευαστικού τομέα και των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων,
- τη βάση στοιχείων εκτίμηση της αναμενόμενης εξοικονόμησης ενέργειας και των γενικότερων ωφελειών.

Στατιστικές έρευνες έγιναν από όλα τα κράτη μέλη. Συγκεκριμένα έρευνες για το ενεργειακό ισοζύγιο για την Κύπρο το 2012, καταγράψανε ότι η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για όλες τις κατοικίες που χρησιμοποιούνται ήταν 4555 kWh, ενώ η μέση κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης ήταν 951 λίτρα. Το κυριότερο ενεργειακό προϊόν που χρησιμοποιεί ο τομέας των κατοικιών είναι ο ηλεκτρισμός δικτύου, καθώς σε αυτόν οφείλεται σχεδόν η μισή κατανάλωση της τελικής ενέργειας. Άλλα ενεργειακά προϊόντα όπως το πετρέλαιο θέρμανσης και το υγραέριο ακολουθούν μετά τον ηλεκτρισμό και είναι εξίσου σημαντικά, όπως απεικονίζεται και στο διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2: Οι σύνθετες αλληλεπιδράσεις του ενεργειακού συστήματος επιλογής συστήματος ενεργειακού εφοδιασμού, [35].

Στο διάγραμμα 2 εμφανίζεται και η σημαντική συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας που υπερβαίνει το 16%, ενώ αντίθετα άλλες ανανεώσιμες πηγές όπως φωτοβολταϊκά, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και βιομάζα έχουν πολύ μικρότερη συνεισφορά της τάξης του 2% [35].

Συνεπώς η Ευρωπαϊκή Ένωση για να βελτιώσει την ενεργειακή κατανάλωση στον κτιριακό τομέα έκδωσε την οδηγία Directive 2010/31/EU [19], κάνει αναφορά στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (nearly Zero Energy Building). Από τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενώ στα δημόσια κτίρια ισχύει από το 2018. Ταυτόχρονα, η Οδηγία υποδεικνύει και την εγκατάσταση έξυπνων μετρητικών διατάξεων σε νέα και υφιστάμενα κτίρια. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με διάφορες στρατηγικές και μέσω των οδηγιών προσπαθεί να επιτύχει τους στόχους που έθεσε. Αυτό επιβεβαιώνεται και από άλλους ερευνητές [36], σύμφωνα με τους οποίους οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις εκπομπές CO₂ του Ευρωπαϊκού κτιριακού αποθέματος.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στόχευσε την μηδενική ρύπανση έως τις αρχές του 2024 και φιλοδοξεί να το πετύχει με χρήση καθαρής ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματός της. Αυτό σκοπεύει να γίνει εφικτό μέσω ενός μαζικού κύματος ανακαίνισης και εφαρμόζοντας νέες ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στις 12.5.2021 [37], ανακοίνωσε την Ευρωπαϊκή

Πράσινη Συμφωνία, η οποία καθορίζει το σχέδιο στρατηγικής που πρέπει να ακολουθήσουν τα κράτη μέλη σχετικά με τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα 27 κράτη μέλη αποφάσισαν και δεσμεύτηκαν να μετατρέψουν την ΕΕ στην πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρο έως το 2050. Για να το επιτύχουν αυτόμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 απαιτεί υψηλότερο μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση. Επιπλέον, η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι απαραίτητη για τη μείωση τόσο των εκπομπών όσο και του ενεργειακού κόστους για τους καταναλωτές και τη βιομηχανία. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνει να αυξηθούν οι στόχοι ενεργειακής απόδοσης σε επίπεδο ΕΕ και να καταστούν δεσμευτικοί, ώστε να επιτευχθεί συνολική μείωση της κατανάλωσης τελικής και πρωτογενούς ενέργειας κατά 36-39 % έως το 2030.

Μέσω της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ορίζει τα ακόλουθα [37]:

- να υποχρεωθούν τα κράτη μέλη να ανακαινίζουν τουλάχιστον το 3% του συνολικού εμβαδού δαπέδου όλων των δημόσιων κτιρίων ετησίως
- να οριστεί δείκτης αναφοράς το 49% για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια έως το 2030
- να υποχρεωθούν τα κράτη μέλη να αυξάνουν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη θέρμανση και την ψύξη κατά 1,1 ποσοστιαία μονάδα κάθε χρόνο έως το 2030.

Στα πλαίσια της προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων, αναμένεται ότι θα εξοικονομήσει ενέργεια μέσω της μείωσης της κατανάλωσης κατά την λειτουργία των κτιρίων και παράλληλα θα μειωθεί το περιβαλλοντικό και το οικονομικό κόστος, που δημιουργείται από την αυξημένη ζήτηση ενέργειας. Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη μελέτης και έρευνας της ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων του κτιριακού αποθέματος, για το υπολογισμό του βαθμού επηρεασμού της μείωσης του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος, στο τελικό και συνολικό αποτύπωμα του κτιρίου για όλο τον κύκλο ζωής του, σχετικά και με άλλες αναβαθμίσεις όπως την αντισεισμική αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων.

Γενικά ο βαθμός επηρεασμού μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης βασίζεται στο επίπεδο ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων. Το επίπεδο αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων έχει μελετηθεί από αρκετούς μελετητές, με προσπάθεια τους την επίτευξή της ενεργειακής αναβάθμισης σε επίπεδο πρότυπου κτιρίου με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Ακολουθεί σχετική βιβλιογραφική ανασκόπηση με τον ορισμό του πρότυπου κτιρίου με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση.

1.1.2 Πρότυπα κτίρια με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση

Υπάρχουν αρκετά μοντέλα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων τα οποία μπορούν να χαρακτηρισθούν ως πρότυπα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, όπως επίσης και πολλά άλλα με άλλες πολλές ονομασίες. Σύμφωνα με ερευνητές [38], ο όρος «μηδενική ενεργειακή κατανάλωση στα κτίρια» είχε διεθνώς κερδίσει την προσοχή, χωρίς όμως να έχει καθοριστεί ένας πλήρης και τεκμηριωμένος ορισμός, ακόμα και μέχρι σήμερα δεν έχει τυποποιηθεί πρωτότυπη μεθοδολογία υπολογισμού του. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στο ότι κάθε χώρα έχει τους δικούς της περιορισμούς που αντικατοπτρίζουν την υφιστάμενή της κατάσταση στο ενεργειακό της ισοζύγιο. Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Directive 2010/31/EU [19], η κάθε χώρα μέλος καλείται πλέον να εντάξει και ενός νέου ορισμού πρότυπου κτιρίου, του κτιρίου με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση (nZEB), υποστηρίζοντας το εν λόγω πρότυπο στα δικά της εθνικά πρότυπα και μεθοδολογίες.

Όσο αφορά τον ορισμό του πρότυπου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο (ZEB) οι ορολογίες ποικίλλουν μεταξύ χωρών και ερευνητών επομένως η γενική γνώση αυτής της έννοιας και των διαφόρων εργαλείων υπολογισμού της ακόμα εξελίσσεται. Ευχερώς εντοπίζεται και στη βιβλιογραφία, η απουσία μιας κοινής αντίληψης σχετικά με το τι θα πρέπει να είναι ίσο με το «μηδέν» σε ένα κτίριο, για να καταστεί ένα κτίριο ως κτίριο με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Αρκετοί ερευνητές έχουν εμπλακεί στο ορισμό διαφόρων προτύπων αλλά όπως ανέφεραν κάποιοι [38], το ερώτημα κατά πόσο το «μηδέν» θα αναφέρεται σε ενέργεια ή σε εκπομπές CO₂ ή στο κόστος της ενέργειας, δεν είχε ακόμα απαντηθεί με σαφήνεια ακόμα και φαίνεται ότι ακόμα και σήμερα εκκρεμεί.

Επομένως η ακαδημαϊκή κοινότητα και τα κράτη όρισαν το πρότυπο σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο, εφόσον το πρότυπο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο δεν είναι εφικτό. Από την μέχρι σήμερα έρευνα διεθνώς ανακύπτει

ο σχεδιασμός αρκετών κτιρίων με στόχο να αποτελούν πρότυπο ως κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Συγκεκριμένα αρκετά παραδείγματα έχουν καταγραφεί και από άλλους ερευνητές [39], και από το International Energy Agency (IEA) [30]. Επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις τα κτίρια στα οποία αναφέρονται είναι νέες οικοδομές, αλλά υπάρχουν και μερικές περιπτώσεις οι οποίες αφορούν σε ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων. Τέτοια παραδείγματα έχουν καταγραφεί από το “Active House Info, Network and Knowledge Sharing” [27].

Κάποιοι ερευνητές [29], σε έρευνά τους ανέλυσαν μια συλλογή με περισσότερα από 280 διεθνή κτίρια "Towards Net Zero Energy Solar Buildings" υποδεικνύοντας την τάση, τα κίνητρα των φορέων, καθώς και την μέθοδό τους για να επιτύχουν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο σε κτίριο. Πιο συγκεκριμένα, έδειξαν με μια πρόχειρη ανάλυση τα 50 πιο χαρακτηριστικά υποδειγματικά κτίρια ως ‘zero energy building’ από διάφορες χώρες και περιοχές κλιματολογικών συνθηκών, καθώς και τους συνδυασμούς μέτρων που αφορούν την ενεργειακή απόδοση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Επιπρόσθετα κατά τους ίδιους ερευνητές [29], έχει αποδειχθεί ότι οι διαφορετικοί παράγοντες και τα διάφορα κίνητρα έχουν οδηγήσει σε πολλές διαφορετικές παραλλαγές των κτιρίων. Από τις μελέτες προέκυψε ότι κανένα από τα παραδείγματα Κτιρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης δεν είναι εφικτό να υπάρξει χωρίς την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα (PV). Επομένως οι διεθνείς τάσεις προτείνουν μια προοπτική η οποία στοχεύει στο συνδυασμό των σημερινών αλλά και πιθανών μελλοντικών τεχνολογικών συνδυασμών, τη χρήση παθητικών μέτρων για την υλοποίηση των μελλοντικών κτιρίων με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση ενέργειας. Κάποιο άλλοι ερευνητές [40], σε έρευνά τους ορίζουν τους ακόλουθους ορισμούς:

“Net Zero Site Energy”: Είναι το μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο παράγει όση ενέργεια χρειάζεται για ένα έτος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι εγκατεστημένες πάνω ή στο χώρο του κτιρίου.

“Net Zero Source Energy”: Είναι το καθαρής μηδενικής πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης κτίριο και παράγει όση ενέργεια χρειάζεται για ένα έτος εξισώνοντάς την σε πρωτογενή ενέργεια. Δηλαδή για να υπολογίσουμε τη συνολική πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιεί ένα κτίριο, πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την εισερχόμενη και

εξερχόμενη ενέργεια με τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής της ενέργειας σε πρωτογενή ενέργεια για κάθε μορφή πηγής ενέργειας.

“Net Zero Energy Costs”: Είναι ένα κτίριο καθαρού μηδενικού ενεργειακού κόστους, δηλαδή όταν το κόστος για την ενέργεια που καταναλώνει το κτίριο είναι ίσο με το κόστος της ενέργειας που παράγει για ένα έτος.

“Net Zero Energy Emissions”: Είναι ένα κτίριο καθαρών μηδενικών ενεργειακών ρύπων όταν η εκπομπή ρύπων από τη χρήση συμβατικών καυσίμων αντισταθμίζεται από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Με βάση την έρευνα ερευνητών [40], έγινε μια σύγκριση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των επικρατέστερων ορισμών. Ο Πίνακας 1, παρουσιάζει και αναλύει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τεσσάρων ορισμών μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων, οι οποίοι είναι από τους πιο διαδεδομένους.

Πίνακας 1: Συνοπτικός Πίνακας ανάλυσης πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των ορισμών ZEB [40].

Ορισμός	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Άλλα θέματα
Site ZEB	A. Εύκολο στην εφαρμογή B. Επαληθεύσιμες μετρήσεις επιτόπου Γ. Συντηρητική προσέγγιση για την επίτευξη του Δ. Δεν επηρεάζεται πολύ από εξωτερικούς παράγοντες E. Εύκολο στην οικοδομική κοινότητα να κατανοεί και να επικοινωνεί Z. Ενισχύει τον αποδοτικό ενεργειακό σχεδιασμό	A. Απαιτεί περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ για να αντισταθμίσει τη χρήση φυσικού αερίου. B. Δεν περιέχει όλα τα λειτουργικά έξοδα (μπορεί να έχει χαμηλό σταθερό όρο φορτίου) Γ. Δεν είναι ικανό να εξισώνει τους τύπους καυσίμων Δ. Δε λαμβάνει υπόψη τις μη ενεργειακές διαφορές μεταξύ των μορφών καυσίμου (Προμήθεια, Διαθεσιμότητα, Ρύπανση).	
Source ZEB	A. Είναι ικανό να εξισώνει την ενεργειακή αξία των μορφών καυσίμων που χρησιμοποιούνται επιτόπου. B. Καλύτερο μοντέλο για επίδραση στο εθνικό ενεργειακό σύστημα Γ. Ευκολότερο να επιτευχθεί	A. Δε λαμβάνει υπόψη τις μη ενεργειακές διαφορές μεταξύ των μορφών καυσίμου (Προμήθεια, Διαθεσιμότητα, Ρύπανση) B. Είναι ευρείς οι υπολογισμοί για την πηγή ενέργειας (Δεν λαμβάνει υπόψη μεταβολές στην τιμή ηλεκτρικής παραγωγής θερμότητας είτε λόγω της περιοχής είτε λόγω καθημερινότητας). Γ. Οι υπολογισμοί και η μετατροπή μεταξύ των μορφών καυσίμου μπορεί να έχουν μεγαλύτερη επιρροή από τις ενεργειακές αποδοτικές τεχνολογίες για την πηγή ενέργειας Δ. Δεν εξετάζει όλο το ενεργειακό κόστος (μπορεί να έχει χαμηλό συντελεστή φορτίου)	A. Απαιτούνται συντελεστές μετατροπής της καταναλισκόμενης ενέργειας επιτόπου στην πηγή (πρωτογενής ενέργειας), όπου απαιτούνται αρκετές πληροφορίες για να καθοριστούν

Cost ZEB	A. Εύκολο στην εφαρμογή και στη μέτρηση B. Οι νόμοι της αγοράς οδηγούν σε μια καλή ισορροπία μεταξύ των διαφόρων μορφών καυσίμων Γ. Επιτρέπει τον έλεγχο στην πλευρά της ζήτησης και απόκρισης ενέργειας Δ. Ελεγχόμενο μέσω των λογαριασμών	A. Δεν έχει σημαντική επίδραση στο εθνικό ενεργειακό σύστημα, γιατί μπορεί η αποθήκευση ενέργειας από PV να είναι πιο συμφέρουσα από ότι η εξαγωγή της στο δίκτυο. B. Απαιτεί μετρητές ώστε η εξαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να αντισταθμίσει τις χρεώσεις καθώς και τις υπηρεσίες της εισαγόμενης ενέργειας Γ. Οι ασταθείς υψηλές τιμές της ενέργειας κάνουν δύσκολη την επίτευξή του με την πάροδο του χρόνου	A. Απαιτεί χρεώσεις υπηρεσιών και υποδομής για κάθε μήνα πέραν του κόστους του κτιρίου. B. Συνήθως στους μετρητές δεν είναι σωστά καθορισμένα τα όρια αποθήκευσης και οι τιμές εξαγοράς χρεώσεων είναι χαμηλότερες από αυτές τις λιανικής πώλησης.
Emissions ZEB	A. Καλύτερο μοντέλο για πράσινη ενέργεια B. Λαμβάνει υπόψη τις μη ενεργειακές διαφορές μεταξύ των μορφών καυσίμου (Ρύπανση, Αέρια θερμοκηπίου). Γ. Ευκολότερο να επιτευχθεί.		A. Απαιτεί κατάλληλους συντελεστές εκπομπής ρύπων.

Είναι σημαντικό ότι κατά του ίδιους, στην ίδια έρευνά τους [40], αναφέρουν ότι “ *A net zero-energy building (ZEB) is a residential or commercial building with greatly reduced energy needs through efficiency gains such that the balance of energy needs can be supplied with renewable technologies*”.

Μεταγενέστερα και άλλοι ερευνητές [41-44], αναφέρουν ότι το Πρόγραμμα Κτιριακών Τεχνολογιών του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE), έθεσε ως ερευνητικό στόχο τη δημιουργία εμπορικού κτιρίου μηδενικής ενέργειας (ZEB) έως το έτος 2020. Η ιδέα ήταν να ερευνηθεί και να αναπτυχθεί μια ZEB τεχνολογία όπου οι απαιτήσεις της θα είναι χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και μικρή σε απαιτήσεις ηλεκτρικών φορτίων, έτσι ώστε μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας ή ακόμη και μια εναλλακτική πηγή ενέργειας σχεδόν να ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις της τεχνολογίας ZEB σε θέματα ενέργειας. Επίσης και άλλοι ερευνητές επισημαίνουν ότι αρκετές ερμηνείες του ZEB είναι εσφαλμένες παραλλαγές των ερμηνειών του ορισμού του κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης [40-46]. Οι ίδιοι μετά από έρευνα προτείνουν ένα νέο ορισμό του “Net-Zero Carbon Building”, όπου σύμφωνα με τους ίδιους “... *engineers, architects, decisions makers must recognize that the harmful emissions and global warming issues cannot be fully addressed by simple net zero energy building concept. Exergy dimension of the balance must be absolutely taken into account in order to fully reveal the magnitude of the problem and at the same time draw solution roadmaps*” [41].

Επομένως σε αυτή τη βάση διατυπώνουν μια νέα κοινή μέτρηση προκειμένου να ληφθούν υπόψη, όλες οι διαστάσεις και οι παράμετροι των κτιρίων σχετικά με τις

περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Στην έρευνά τους αποδεικνύουν ότι στον ορισμό του κτιρίου ως ‘μηδενικό καθαρά ενεργειακό κτίριο’ ένα απλό ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου δεν είναι αρκετό. Για παράδειγμα όσον αφορά, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κάθε κτίριο το οποίο παράγει ηλεκτρική ενέργεια από εναλλακτικούς ενεργειακούς πόρους είναι σε καλύτερη θέση σε σχέση με ένα κτίριο του οποίου του παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια από δίκτυο που λειτουργεί από θερμοηλεκτρικό σταθμό και χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα. Αναφέρουν επίσης ότι αυτή η σημαντική διαφορά, δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί σε ένα απλό ισολογισμό ενεργειακού ισοζυγίου. Ως εκ τούτου, ανέπτυξαν και μια νέα έννοια που στοχεύει στην καλύτερη ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιρίων. Αναφέρουν ότι έγιναν μελέτες οι οποίες επισημάνουν εάν ένα καθαρό μηδενικό ενεργειακό κτίριο μπορεί, ή δεν μπορεί να είναι κτίριο με καθαρό μηδενικό ενεργειακό αντίκτυπο. Επομένως εισηγούνται ότι για να οριστεί ένα κτίριο με καθαρό μηδενικό ενεργειακό αντίκτυπο πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις και εξισώσεις.

Επιπρόσθετα ερευνητές [47], αναφέρονται στη δυνατότητα σύγκρισης και στην βελτιστοποίηση του κόστους ενός κτιρίου για τρεις περιπτώσεις:

- να είναι κανονικό κτίριο,
- να είναι μηδενικής κατανάλωσης και
- να είναι κτίριο CO₂ ουδέτερο.

Η μελέτη περίπτωσης που εξέτασαν ήταν στην πρώτη περίπτωση για ένα κτίριο το οποίο δεν έχει ενεργειακούς ή CO₂ περιορισμούς. Στην δεύτερη περίπτωση εξέτασαν ένα κτίριο το οποίο παράγει την ενέργεια που χρειάζεται να καταναλώσει για κάθε έτος. Συγκεκριμένα η παραγωγή μπορεί να γίνει μέσω φωτοβολταϊκών πινέλων, ανεμογεννήτριας ή γεννήτριας παραγωγής βιοαερίου (Net-zero energy building). Στην τρίτη περίπτωση εξέτασαν ένα κτίριο το οποίο ήταν ουδέτερο στην παραγωγή CO₂, δηλαδή δεν προσθέτει CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αγορά εμπορεύσιμων πιστοποιητικών (TRC's) ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες παράγεται από τον ήλιο, τον άνεμο ή το βιοαέριο. Επίσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με την αγορά πιστώσεων CO₂ σε μια αγορά εμπορίου εκπομπών CO₂ όπου κάποιοι έχουν λάβει πιστώσεις CO₂ (Net-zero CO₂ (CO₂ neutral) building). Το αποτέλεσμα της έρευνάς τους ήταν ότι τα ενεργειακά κτίρια είναι οικονομικά αποδοτικότερα από τα παραδοσιακά κτίρια που αγοράζουν συμβατική ενέργεια.

Σε συνέχεια των ερευνών και σύμφωνα με ερευνητές [48], ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) δίνει ένα γενικό ορισμό για το ZEB, *‘Zero Energy Building είναι το κτίριο το οποίο δε χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα για τις ενεργειακές του ανάγκες αλλά μόνο την ηλιακή ενέργεια ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας’*. Επίσης αναφέρουν ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω ορισμό και συμφωνίας του ορισμού του πρότυπου κτιρίου σε σαφή διεθνή πρότυπα. Έκαναν αναφορά ότι υπάρχει διαφορά στο πώς τα ενεργειακά κτίρια χρησιμοποιούνται στη Βόρεια Αμερική και σε άλλα μέρη του κόσμου.

Ειδικότερα κατά τους ίδιους ερευνητές [48], αναφέρουν τους πιο κάτω ορισμούς:

- “Zero Net Energy Buildings”: Τα κτίρια τα οποία παρέχουν την ίδια ποσότητα ενέργειας με αυτή που καταναλώνουν στα δίκτυα διανομής ενέργειας. Δεν χρειάζονται ορυκτά καύσιμα για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό ή άλλες ενεργειακές χρήσεις, αν και μερικές φορές μπορούν να αντλούν την ενέργεια τους από το δίκτυο όπου είναι συνδεδεμένα.
- “Zero Stand Alone Buildings”: Τα κτίρια τα οποία δεν απαιτείται να είναι συνδεδεμένα με δίκτυα διανομής. Είναι αυτόνομα και αποθηκεύουν την απαιτούμενη ενέργεια χρήσης για την περίοδο της νύκτας ή ακόμη και για την περίοδο του χειμώνα.
- “Plus Energy Buildings”: Τα κτίρια τα οποία παραδίνουν στα δίκτυα διανομής ενέργειας περισσότερη ενέργεια από την ενέργεια που καταναλώνουν κατά την διάρκεια του έτους.
- “Zero Carbon Building”: Τα κτίρια τα οποία δεν χρησιμοποιούν ενέργεια που παράγει εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για κάθε έτος. Δηλαδή κατά τη διάρκεια ενός έτους τα κτίρια αυτά είναι ουδέτερα στην παραγωγή CO₂ ή θετικά ως προς το ότι παράγουν αρκετή ενέργεια ελεύθερη από CO₂ ώστε να προμηθεύσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες.

Επιπλέον για τον ορισμό του πρότυπου κτιρίου ερευνητές [49], αναφέρουν ότι το πιο σημαντικό σημείο για τον ορισμό του μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου, είναι η μονάδα μέτρησης για το ισοζύγιο της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Η έρευνά τους έδειξε ότι η μονάδα μέτρησης, η περίοδος και τα είδη ενέργειας που περιλαμβάνονται στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου, μαζί με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εφοδιασμού, καθώς και ο τρόπος σύνδεσης με την ενεργειακή υποδομή και την ενεργειακή απόδοση, το εσωτερικό κλίμα και οι απαιτήσεις της αλληλεπίδρασης κτιρίου-

δικτύου, είναι τα πιο σημαντικά ζητήματα για τον ορισμό του ως κτίριο με μηδενική ενεργειακή κατανάλωσης.

Όπως εμφανίζεται από την διεθνή βιβλιογραφία, έχουν γίνει αρκετές έρευνες, συγκρίσεις και αξιολογήσεις για τον προσδιορισμό της έννοιας των κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αλλά μέχρι και σήμερα δεν έχει οριστεί μια αποδεκτή από όλη την διεθνή κοινότητα κοινή πρακτική υπολογισμού του ZEB. Παρ' όλα αυτά είναι αναγκαία η ορθολογιστική τοποθέτηση του ορισμού «κτίριο με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση» που είναι ένα πολύπλοκο θέμα και γίνονται προσπάθειες για να οριστικοποιηθεί. Κύριο ζήτημα είναι η συσχέτιση των παραγόντων με τις παραμέτρους που ορίζουν το τελικό αποτέλεσμα για τον ορισμό ενός κτιρίου με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Για αυτό το θέμα αξίζει να σημειωθεί ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προτείνει μέτρα ενεργειακής βελτίωσης σύμφωνα με την οδηγία 2010/31/EU [19], η οποία ορίζει ότι όλα τα νέα ιδιόκτητα κτίρια από τις 31 Δεκεμβρίου του 2020 πρέπει να χαρακτηρίζονται Nearly Zero Energy Buildings, δηλαδή Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης. Ακόμη, από τις 31 Δεκεμβρίου του 2018 αυτό ισχύει για όλα τα νέα δημόσια κτίρια.

Όλα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως και η Κυπριακή Δημοκρατία σε συνέχεια οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει προχωρήσει σε μίσθωση συμβούλων για τον προσδιορισμό του κτιρίου με Σχεδόν Μηδενική Ενεργειακή Κατανάλωση στην Κύπρο. Ο στόχος της έρευνας ήταν να μελετηθεί και να παρουσιαστεί ο ορισμός της κατοικίας με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση σύμφωνα με τις εθνικές και τοπικές συνθήκες και να διατυπωθεί ένας αριθμητικός δείκτης πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m²/yr για την Κύπρο. Η έρευνα για τις κατοικίες έχει καταλήξει στις 100 kWh/m²/yr κατανάλωση για πρωτογενή ενέργεια με τουλάχιστο το 25% να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όσον αφορά στις μη κατοικίες έχει καταλήξει στις 125 kWh/m²/yr κατανάλωση για πρωτογενή ενέργεια με τουλάχιστον το 25% να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργεια [50].

Στο σημείο αυτό επισημάνουμε ότι οι περισσότεροι ορισμοί καλύπτουν μόνο τη ενεργειακή κατανάλωση από την λειτουργία του κτιρίου και παραλείπεται ο υπολογισμός της ενσωματωμένη ενέργεια από το ισοζύγιο του ορισμού τους. Θέλουμε να αναφέρουμε ότι η ενέργεια που απαιτείται για την κατασκευή, τη συντήρηση και την κατεδάφιση οικοδομικών υλικών είναι αξιοσημείωτη στο ενεργειακό, περιβαλλοντικό και οικονομικό ισοζύγιο του κτιρίου. Η ενσωματωμένη ενέργεια ποσοτικά ενδεχομένως

να υπερισχύει της ενεργειακή κατανάλωσης ιδιαίτερα σε αναβαθμισμένα ενεργειακά κτίρια όπου το τμήμα που αναλογεί στην ενεργειακή κατανάλωση ενέργεια του κτιρίου είναι βελτιωμένο και σαφώς μικρότερο. Η ποσοτικοποίηση και η εξέταση του βαθμού επιρροής στο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα της ενσωματωμένης ενέργειας του τμήματος είναι και αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διατριβής.

Συγκεκριμένα ερευνητές [51], αναφέρουν ότι η απουσία μιας αποτελεσματικής και ακριβούς μεθόδου για τον υπολογισμό της ενσωματωμένης ενέργειας είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους αυτό συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. Συμπερασματικά εμφανίζεται η απουσία της παράμετρου της ενσωματωμένης ενέργειας στους υπολογισμούς του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και εντοπίζεται η αδυναμία του προτύπου του κτιρίου με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Επομένως στα πλαίσια της συγκεκριμένης διατριβής θα λαμβάνεται υπόψη η ενσωματωμένη ενέργεια και θα αξιολογείται για όλον τον κύκλο ζωής του κτιρίου.

Όσο αφορά την περίπτωση του πρότυπου κτιρίου των αυτόνομων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων, δηλαδή εκτός ηλεκτρικού δικτύου, εντοπίστηκε ότι δεν έχει κερδίσει ιδιαίτερα την προσοχή διεθνώς. Επίσης σχετική έρευνα έγινε και από άλλους ερευνητές [52], όπου περιγράφουν τη φιλοσοφία, το σχεδιασμό και την κατασκευή μιας κατοικίας 4 υπνοδωματίων στα βρετανικά Midlands χωρίς δίκτυο ύδρευσης ή αποχέτευσης, και τα μέσα παραγωγής ενέργειας να είναι από τον ήλιο και τον άνεμο και να υπάρχουν εγκαταστάσεις συλλογής πόσιμου νερού από τη βροχή. Το συγκεκριμένο αυτόνομο κτίριο που αναφέρουν έχει ένα απλό αλλά επαναστατικό μήνυμα ότι είναι δυνατό να ζεις σε ένα σπίτι που είναι οικονομικό, φιλικό προς τον πλανήτη και που απελευθερώνει τον ιδιοκτήτη του από τους λογαριασμούς κοινής ωφελείας. Η παρούσα διατριβή και επί του παρόντος δεν θα ερευνήσει τις παραμέτρους της παροχής πόσιμου νερού και του λογαριασμού κοινής ωφελείας αλλά το αναγνωρίζει ότι είναι κάποιες παράμετροι που επηρεάζουν το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα των κτιρίων και το κρατά για μελλοντική εργασία.

Χρησιμοποιώντας τον καταληκτικό ορισμό του πρότυπου κτιρίου με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση, τα κράτη εφάρμοσαν πρακτικές ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων.

1.1.3 Ανάλυση Κύκλου Ζωής Κτιρίων

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι ένα σύνολο ερευνητικών εργαλείων για την εκτίμηση όλων των περιβαλλοντικών συνεπειών που σχετίζονται με ολόκληρη τη διάρκεια της «ζωής» ενός κτιρίου. Ο αντικειμενικός σκοπός της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η αναζήτηση και η ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που επέρχεται από την παραγωγή ενός κτιρίου ή μιας παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό είναι εφικτό μέσω της παρακολούθησης του κτιρίου από την «γέννηση» μέχρι την «ταφή» του, από την εξόρυξη των πρώτων υλών, την παραγωγή, την χρήση μέχρι και την τελική του διάθεση. Μέσα από αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνεται ο εντοπισμός εκείνων των δραστηριοτήτων που προκαλούν τις σοβαρότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Οι κατασκευαστές συνεπώς μπορούν να προσανατολιστούν σε συγκεκριμένους τομείς για να μειώσουν ή ακόμα και να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις που ασκούνται στο περιβάλλον από την παραγωγική τους διαδικασία.

Συνεπώς η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής συνδράμει στην επιλογή ενός προϊόντος ή μιας μεθόδου που έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα δεδομένα και οι παράμετροι μιας εκτίμησης του κύκλου ζωής καθορίζουν τον τρόπο μεταφοράς των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το ένα μέσο στο άλλο και από το ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε άλλο στάδιο. Γενικότερα, στα κτίρια ο Κύκλος Ζωής των Κτιρίων συνδέθηκε με την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής, η οποία αποτελεί βασική μέθοδο περιβαλλοντικής αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment ή LCA) είναι μία τυποποιημένη επιστημονική μέθοδος που επιτρέπει την ολοκληρωμένη καταγραφή, ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται είτε με την παραγωγή ενός προϊόντος ή με μια υπηρεσία είτε με την κατασκευή ενός έργου. Υπάρχουν και άλλοι ορισμοί που σχετίζονται με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής, όπως η Απογραφή του Κύκλου Ζωής, LCI (Life Cycle Inventory), η Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής, LCIA (Life Cycle Impact Assessment) και η Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής, LCC (Life Cycle Costing).

Οι διαφορές των παραπάνω ορισμών είναι οι ακόλουθες:

- Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA) είναι μια διαδικασία πολλών σταδίων για τον υπολογισμό της διάρκειας ζωής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Ολόκληρη η διαδικασία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει το στόχο και το πεδίο ορισμού, την ανάλυση των

αποθεμάτων, την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την ερμηνεία. Η διαδικασία είναι επαναληπτική, εφόσον η ποιότητα, η πληρότητα και η αληθοφάνεια των πληροφοριών συνεχώς μεταβάλλονται.

- Η Απογραφή του Κύκλου Ζωής (LCI) είναι το τμήμα συλλογής δεδομένων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η LCI αποτελείται από τη λεπτομερή παρακολούθηση για το κάθε προϊόν όλων των ροών εντός και εκτός του συστήματος του προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών ή των πόρων, με την κάθε τύπου χρήση ενέργειας, τη χρήση νερού, και τις εκπομπές του προϊόντος στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος από τη συγκεκριμένη διαδικασία. Αυτό το είδος της ανάλυσης μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύπλοκο και μπορεί να περιλαμβάνει δεκάδες επιμέρους διαδικασίες για την κάθε μονάδα στην αλυσίδα εφοδιασμού (π.χ. εξόρυξη των πρώτων πόρων, διαφορά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας διαδικασίας παραγωγής, μεταφορές, κλπ.), καθώς υπάρχουν δεκάδες προϊόντα που αποτελούν ένα έργο.
- Η Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής (LCC) είναι μια άλλη προσέγγιση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος και εξετάζει τις άμεσες χρηματικές δαπάνες που εμπλέκονται με ένα προϊόν ή μια υπηρεσία και όχι τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Η Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής (LCIA) είναι η φάση της ερμηνείας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Δηλαδή στην Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος αναλύονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Για παράδειγμα, η κατασκευή ενός προϊόντος μπορεί να καταναλώσει ένα καθορισμένο όγκο καυσίμου. Στη φάση της LCIA εκτιμώνται οι επιπτώσεις της παραγωγής του προϊόντος για την υπερθέρμανση του πλανήτη λόγω της καύσης του εν λόγω καυσίμου και του υπολογιζόμενου CO₂ που παράγεται. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παγκοσμίως για την κατηγοριοποίηση και το χαρακτηρισμό των επιπτώσεων των ροών προς και από το περιβάλλον του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, που μπορεί να περιπλέξει κάπως την συγκρισιμότητα των διαφόρων μελετών για Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Υπάρχουν όμως πολλές μεταβλητές για την Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής, όπως το όριο του συστήματος ανάλυσης, η λειτουργική μονάδα (όγκος/βάρος/σκοπός του αντικειμένου που αξιολογείται), και άλλες ειδικές μέθοδοι αξιολόγησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής, όπως η κατανομή (ο

τρόπος και η μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία οι επιπτώσεις αποδόθηκαν στο προϊόν και τα υποπροϊόντα του). Η αξιοπιστία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από:

- τον τρόπο μοντελοποίησης των υπό εξέταση συστημάτων,
- το σύνολο των παραδοχών που χρησιμοποιούνται σε κάθε βήμα ανάλυσης,
- τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων δεδομένων

Κατά τη σύγκριση των μεθόδων ανάλυσης κύκλου ζωής οι αναφερόμενοι συντελεστές είναι ζωτικής σημασίας, εφόσον η ορθή κατανόησή τους καθιστά τη σύγκριση εφικτή. Πλαίσιο καθοδήγησης αποτελεί το Διεθνές Πρότυπο ISO 14040:2006 όπου περιγράφει τις αρχές και το πλαίσιο για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA), τα οποία περιγράφονται ως εξής [53]:

- ο στόχος και το πεδίο ορισμού της LCA,
- η φάση αποτίμησης του κύκλου ζωής (LCI),
- η φάση εκτίμησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής (LCIA),
- η φάση ερμηνείας του κύκλου ζωής,
- η υποβολή εκθέσεων και κριτική της LCA,
- οι περιορισμοί της LCA,
- η σχέση μεταξύ των φάσεων LCA, και
- οι προϋποθέσεις για τη χρήση των επιλογών αξίας και προαιρετικά στοιχεία.

Το Διεθνές Πρότυπο ISO 14040:2006 καλύπτει τη μελέτη αξιολόγησης του κύκλου ζωής (LCA) και τη μελέτη απογραφής κύκλου ζωής (LCI), αλλά δεν περιγράφει λεπτομερώς την τεχνική ούτε και προσδιορίζει τις μεθοδολογίες για τις επιμέρους φάσεις της (LCA) [53]. Επιπρόσθετα, παρόλο που τα αποτελέσματα της LCA ή LCI λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια του ορισμού του στόχου και σκοπού, η ίδια η εφαρμογή είναι έξω από το πεδίο εφαρμογής του παρόντος Διεθνούς Προτύπου [53].

Εντοπίζεται από την διεθνή βιβλιογραφία ότι η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής έχει πολυδιάστατη μορφή, και ειδικότερα η εφαρμογή της στον οικοδομικό τομέα χρειάζεται τεκμηριωμένη θεώρηση όλων των μεταβλητών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με τυποποιημένη και κατανοητή μεθοδολογία, ώστε το αποτέλεσμα να αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν καλύτερα την πραγματικότητα. Σύμφωνα με ερευνητές, εντοπίστηκε ότι η

Ανάλυση του Κύκλου Ζωής των κτιρίων έχει επικεντρωθεί κυρίως στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με αποτέλεσμα να μη λαμβάνεται υπόψη και η κατανάλωση των ορυκτών πόρων [54, 55]. Οι ίδιοι έχουν επισημάνει ότι στην περίπτωση των κτιρίων η αξιολόγηση της αξίας των πόρων αποτελεί σημαντικό κριτήριο για τις στρατηγικές διαχείρισή τους μακροπρόθεσμα. Επομένως υπάρχει άμεση ανάγκη αξιολόγησης μιας ολοκληρωμένης μεθόδου μέτρησης της αξίας των ορυκτών πόρων για τα κτίρια. Επιπλέον μετά την ολοκλήρωση κατασκευής ενός κτιρίου αναφέρουν ότι η επίδραση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συνεχίζεται και κατά τη λειτουργία του κτιρίου. Στο σημείο αυτό τίθεται και το ερώτημα εάν αυτή η λειτουργία του κτιρίου μπορεί μερικές φορές να έχει πολύ μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις επιπτώσεις του έργου κατά τη διάρκεια της κατασκευής του. Σε αυτή την κατεύθυνση, είναι παγκοσμίως γνωστό ότι η ίδια η απόσυρση του έργου όταν αυτό εκπληρώσει το σκοπό για τον οποίο είχε σχεδιαστεί έχει πολύ μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω των αποβλήτων απόσυρσης ή κατεδάφισης των έργων.

Όπως συνάγεται και από τα προαναφερόμενα η εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής στον κτιριολογικό σχεδιασμό με όλα τα βήματα που απαιτούνται, σήμερα δεν είναι ακόμη εύκολα εφαρμόσιμη. Υπάρχουν σημαντικοί παράμετροι που επηρεάζουν την εφαρμογή της μεθοδολογίας, όπως οι ακόλουθοι:

- Ο μεγάλος αριθμός των υλικών που συνθέτουν ένα κτίριο απαιτεί για κάθε δομικό υλικό λεπτομερή Ανάλυση Κύκλου Ζωής του, γεγονός που συνεπάγεται σημαντικό χρόνο και κόστος για την εφαρμογή της μεθοδολογίας από ένα μελετητή στο επίπεδο ενός κτιρίου
- Η πολυπλοκότητα των σχέσεων που δημιουργούν μεταξύ τους τα υλικά κατά τη σύνθεσή τους σε ένα δομικό στοιχείο
- Η μεγάλη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου η οποία επηρεάζεται από διαφορετικούς χρόνους ζωής δομικών στοιχείων και δομικών υλικών που το συνθέτουν.

Επιπλέον υπάρχουν και άλλοι αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Α.Κ.Ζ.) του κτιρίου. Για παράδειγμα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτιριολογικού σχεδιασμού, οι κανονιστικές και νομοθετικές απαιτήσεις, οι επιρροές από εξωγενείς παράγοντες από τους κατασκευαστές και τους χρήστες, και τέλος τα οικονομικά κριτήρια, που μεταβάλλουν σημαντικά τις μεταβλητές που συνθέτουν το πρόβλημα εφαρμογής της Α.Κ.Ζ στον κτιριολογικό σχεδιασμό. Μια τέτοια μεταβλητή

είναι η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για την κατασκευή του κτιρίου, η οποία αποτελεί το άθροισμα της ενέργειας του κάθε δομικού υλικού του κτιρίου.

Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις ο ισχυρισμός ότι ένα δομικό υλικό δηλώνεται ως πράσινο επειδή είναι ανακυκλώσιμο, ή δηλώνεται ως μη πράσινο επειδή δεν είναι ανακυκλώσιμο δημιουργεί κάποιες αμφιβολίες. Θα πρέπει όταν εξετάζουμε τη συνεισφορά του σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του. Η δήλωση ότι το προϊόν είναι πράσινο επειδή ανακυκλώνεται αποτελεί ένα μονοδιάστατο ισχυρισμό ο οποίος μπορεί να είναι παραπλανητικός, καθώς αγνοούνται οι πιθανότητες να προκαλούνται σοβαρότερα προβλήματα ως επιμέρους στοιχεία του συνόλου του κύκλου του ζωής. Άρα και ένα μη ανακυκλώσιμο υλικό, μπορεί να έχει λιγότερη ενέργεια κατασκευής οδηγώντας σε μείωση των εκπομπών του CO₂ και μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά τις φάσεις ανάκτησης των πρώτων υλών, κατασκευής, μεταφοράς και χρήσης. Παράδειγμα αποτελεί η ενέργεια που χρειάζεται η παραγωγή ενός ωμόπλινθου με την ενέργεια για την παραγωγή ενός σύγχρονου τούβλου. Σε αυτή τη βάση, χρησιμοποιώντας την μέθοδο Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής διευρύνεται το πεδίο μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για το κάθε δομικό υλικό. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να εξετάζονται όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα του κάθε δομικού υλικού από το στάδιο της κατασκευής του μέχρι και την ολοκλήρωση του συνόλου του οικοδομικού έργου. Επίσης πρέπει εκτός από την κατασκευή και τη λειτουργία του κτιρίου να λαμβάνεται υπόψη και η συντήρηση του κτιρίου. Επομένως πλεονέκτημα της χρήσης μεθόδου της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής θα αποτελεί η εισαγωγή μιας μετρήσιμης μονάδας CO₂ έτσι ώστε να ποσοτικοποιηθεί η πραγματική εκπομπή όσον αφορά τα υλικά κατασκευής ενός οικοδομικού έργου.

Σημαντική είναι και η έρευνά ερευνητών [56], όπου ανέλυσαν σχετικά με τον κύκλο ζωής της χρήσης και της κατασκευής των κτιρίων συνολικά 60 περιπτώσεις από 9 χώρες. Η ανάλυση των 60 περιπτώσεων που μελετήθηκαν έδειξαν ότι μέχρι σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης ενέργειας σε ένα κτίριο κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής αποτελεί η ενέργεια κατά τη λειτουργία του και όχι κατά την κατασκευή του. Στη συνέχεια κατέληξαν ότι κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης είναι πιο αποδοτικά ενεργειακά από ότι τα συμβατικά ακόμη και αν η αρχική ενέργεια κατασκευής τους είναι κάπως περισσότερη. Επίσης ο σχεδιασμός κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης αποφέρει περισσότερο καθαρό όφελος στη συνολική ζήτηση ενέργειας του κύκλου ζωής

του κτιρίου, αλλά με αύξηση της αρχικής ενέργειας κατασκευής του. Αναφέρουν για παράδειγμα ότι ένα ηλιακό κτίριο είναι ενεργειακά πιο αποδοτικό στον κύκλο ζωής του από ότι είναι ένα κτίριο που σχεδιάζεται με ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση των «πράσινων υλικών» αλλά χωρίς ειδικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης. Το ίδιο ηλιακό κτίριο, όταν συγκριθεί με αντίστοιχο συμβατικό κτίριο, παρουσιάζεται να απαιτεί τη διπλάσια ενέργεια κατασκευής, ενώ την ίδια στιγμή η μείωση στη συνολική ενεργειακή κατανάλωσή του είναι στο 50% κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου στα 50 έτη. Ακόμη αναφέρουν ότι ένα παθητικά θερμομονωμένο κτίριο, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, παρουσιάζεται να είναι ακόμη πιο αποδοτικό ενεργειακά από ότι ένα ενεργειακά αυτάρκες κτίριο. Επίσης αναφέρουν ότι σε σύγκριση με ισοδύναμο συμβατικό κτίριο, στο παθητικά θερμομονωμένο κτίριο παρατηρήθηκε αύξηση στην ενέργεια κατασκευής, ενώ μειώθηκε η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στο 66% της αρχικής σε μια περίοδο διάρκεια ζωής του κτιρίου τα 80 έτη. Σε μια νέα έκδοση σχεδιασμού και κατασκευής του παθητικού κτιρίου αναμένεται να επιτευχθεί συνολική μείωση της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στο 25% της αρχικής. Συμπερασματικά, παρατηρείται ότι η μείωση της ζήτησης ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου είναι η πιο σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό του τύπου των κτιρίων που είναι ενεργειακά αποδοτικά σε όλο τον κύκλο ζωής τους.

Με βάση ερευνητή [57], διαπιστώνεται ότι υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους πρέπει να συμπεριληφθεί και η παράμετρος της ανακύκλωσης σε μια ανάλυση της χρήσης ενέργειας των κτιρίων. Παράδειγμα αποτελεί το αυξανόμενο ποσοστό της συνολικής χρήσης ενέργειας που αποδίδεται στην παραγωγή υλικών κατασκευής του κτιρίου, και τα οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας που γεννιούνται μέσω της ανακύκλωσης των υλικών κατασκευής και της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που παράγονται κατά την διαδικασία της κατεδάφισης και απόθεσης τους στο περιβάλλον.

Εντοπίζουμε ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ενεργειακή χρήση των κτιρίων σε όλο το φάσμα του κύκλου ζωής ενός κτιρίου. Η διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου χωρίζεται κυρίως στα ακόλουθα:

- στην παραγωγή των υλικών κατασκευής, συμπεριλαμβανομένων όλων των διαδικασιών από την εξόρυξη πρώτων υλών μέχρι το υλικό να είναι έτοιμο να εξαχθεί από το εργοστάσιο ή από το χώρο της πρώτης ύλης,
- στην ανέγερση, δηλαδή την κατασκευή του κτιρίου,

- στη λειτουργία του κτιρίου,
- στη συντήρηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κτιρίου και
- στην κατεδάφιση του κτιρίου

Αρκετοί είναι οι ερευνητές που συμφωνούν ότι η λειτουργία ενός κτιρίου αντιπροσωπεύει το κύριο μέρος της χρήσης ενέργειας στη γενική λειτουργία των κατοικιών, ενώ η ενέργεια για την παραγωγή δομικών υλικών αντιστοιχεί μόνο στο 10-15% περίπου στις περισσότερες περιπτώσεις [58-64]. Επίσης μελέτες έχουν δείξει ότι η ενέργεια για κατασκευή του κτιρίου μπορεί να αντιπροσωπεύει το 40-60% της συνολικής ενέργειας χρήσης ακόμη και σε σπίτια με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση [60-62]. Ωστόσο, μελέτες έχουν καταλήξει ότι ενδεχομένως σε ένα κτίριο, έστω και αν η ενεργειακή του κατανάλωση κατά την λειτουργία του κτιρίου είναι πολύ χαμηλή, η συνολική κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή η ενέργεια για την κατασκευή, τη συντήρηση και τη λειτουργία του με ένα προσδόκιμο χρόνο ζωής 50 χρόνια, να είναι υψηλότερη από ό,τι σε ένα κτίριο που έχει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση κατά τη λειτουργία του [65].

Σημαντικό είναι η διαπίστωση ερευνητή [66], όπου αφορά μελέτη νέου κτιρίου η οποία κατέδειξε ότι το δυναμικό ενέργειας που εξοικονομείται μέσω της ανακύκλωσης είναι περίπου 50% της ενσωματωμένης ενέργειας. Επίσης σε συνέχεια της έρευνας του ίδιου [67], σε μελέτη ανακύκλωσης κτιρίων με εθνικής παραγωγής απόβλητα, κατέδειξε ότι η πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ανακύκλωσης είναι και πάλι περίπου το 50% της ενσωματωμένης ενέργειας υφιστάμενου κτιρίου, με την παραδοχή ότι η ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών για τα απόβλητα υπολογίστηκε σαν να ήταν νέα οικοδομικά υλικά που παράγονται σήμερα. Τελικά ο ίδιος ερευνητής [68] επισήμανε ότι όταν χρησιμοποιήθηκαν επαναχρησιμοποιημένα υλικά σε ένα κτίριο μιας οικογένειας, η ενσωματωμένη ενέργεια στο κτίριο μειώθηκε περίπου κατά 45%.

Πέραν των πιο πάνω ο ίδιος ερευνητής [69], αναφέρει σε έρευνά του ότι η συνολική χρήση ενέργειας κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου αποτελεί ένα αναπτυσσόμενο ερευνητικό πεδίο. Έχει εντοπίσει ότι η αρχική ενέργεια κατασκευής του κτιρίου αποτελεί ένα σημαντικό μέρος στη συνολική χρήση της ενέργειας του κτιρίου ειδικά για τα κτίρια με μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Επίσης επισημαίνει ότι με την ανακύκλωση μειώνεται η αρχική ενσωματωμένη ενέργεια κατασκευής δηλαδή ανακύκλωση των δομικών υλικών είτε με τη χρήση στην κατασκευή ανακυκλωμένων

υλικών, είτε με την επαναχρησιμοποίηση των δομικών υλικών κατασκευής. Διαπιστώνει ότι σε μια διάρκεια ζωής 50 ετών η αρχική ενσωματωμένη ενέργεια κατασκευής αντιπροσωπεύει το 40% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σε όλο τον κύκλο ζωής ενός κτιρίου. Εκτιμά ότι περίπου το 37-42% της αρχικής ενσωματωμένης ενέργειας κατασκευής μπορεί να ανακτηθεί μέσω της ανακύκλωσης. Επισημαίνει ότι αρχικά η δυνατότητα ανακύκλωσης, ήταν περίπου στο 15% της συνολικής χρήσης ενέργειας σε μια μιας υποτιθέμενης διάρκεια ζωής κτιρίου τα 50 ετών, επομένως επισημαίνει ότι ανεβάζει το ρόλο της ανακύκλωσης στο ενεργειακό σύνολο κατανάλωση ενός κτιρίου, η έμφαση που θα δοθεί στην ενεργειακή ένταση παραγωγής των υλικών κατασκευής, καθώς και κατά πόσο συμπεριλήφθηκαν οι αρχές της ανακύκλωσης στη φάση του σχεδιασμού του κτιρίου. Κατέληξε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό για την ανάκτηση της ενσωματωμένης ενέργειας προσεγγίζει περίπου το 90% και μπορεί να επιτευχθεί με την όσο το δυνατό ανακύκλωση υλικών κατασκευής και την καύση των εναπομένων υλικών κατασκευής. Συνεπώς αναφέρει ότι πολύ σημαντικό μέτρο προκειμένου να διευκολυνθεί η μελλοντική ανακύκλωση είναι να γίνεται χρήση ανακυκλώσιμων υλικών καθώς και χρήση κατασκευών οι οποίες μπορούν να αποσυναρμολογηθούν.

Από την έρευνα στην βιβλιογραφία που έγινε διαπιστώθηκε ότι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας επηρεασμού του συνολικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε κτίρια είναι και η διάρκεια ζωής των οικοδομικών υλικών, όπου επιλέγοντας υλικά με λιγότερη αρχική κατασκευαστική ενέργεια μπορεί να μειωθεί η ενέργεια που αφορά το τμήμα της συντήρησης του κτιρίου. Ερευνητής [69], αναφέρει ότι η συντήρηση των δομικών υλικών αντιπροσωπεύει περίπου το 12% της συνολικής αρχικής κατασκευαστικής ενέργειας. Με βάση το Πρότυπο CYS EN 15459:2007 [70], η διάρκεια ζωής δομικών στοιχείων κελύφους είναι 30 έτη.

Ερευνητές [71], με βάση μελέτη τους, η οποία αφορούσε κατοικία μεζονέτα 3 υπνοδωματίων στην Σκωτία αναφέρουν τα εξής:

- το 61% της συνολικής ενέργειας κατασκευής μιας κατοικίας αφορά το σκυρόδεμά της
- το 13% της συνολικής ενέργειας κατασκευής μιας κατοικίας αφορά τη ξυλεία
- το 14% της συνολικής ενέργειας κατασκευής μιας κατοικίας αφορά τα κεραμικά πλακίδια

- το σκυρόδεμα και το κονίαμα ευθύνονται για το 99% του συνολικού διοξειδίου του άνθρακα που προέρχεται από την κατασκευή μιας κατοικίας.

Συνοψίζοντας άποψη ερευνητών [72], η Ανάλυση Κύκλου Ζωής ενός κτιρίου αποτελεί ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και μελέτης των περιβαλλοντικών παραμέτρων που προηγούνται και έπονται του σχεδιασμού και της κατασκευής των κτιρίων, καθώς και εργαλείο λήψης αποφάσεων. Επίσης κατά τους ίδιους ερευνητές η κατανάλωση ενέργειας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επικεντρώνονται στη φάση χρήσης και ανακαίνισης του κτιρίου. Επισημαίνουν ότι τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της φάσης χρήσης αντιπροσώπευαν περισσότερο από το 92% των συνολικών αποθεμάτων περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Αναφέρουν ακόμα ότι και οι πρακτικές κατανάλωσης ενέργειας των χρηστών του κτιρίου, θα μπορούσαν επίσης να προσφέρουν λύσεις για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της φάσης χρήσης του κτιρίου.

Επομένως η Ανάλυση κύκλου ζωής είναι τόσο σημαντική όπου έγινε η ψηφιοποίησή της. Με βάση ερευνητών [73], έρευνά τους αναφέρουν και αξιολογούν εργαλεία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής όπου χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα και κάποια από αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Athena Institute (Trusty 2000): Το Ινστιτούτο προσφέρει τα μοναδικά εργαλεία που βασίζονται στην LCA στη Βόρεια Αμερική για ολόκληρα κτίρια και συγκροτήματα. Έχει τις πιο εμπειριστατωμένες, πλήρεις και σημαντικές βάσεις δεδομένων LCA για τα κατασκευαστικά υλικά της Βόρειας Αμερικής,[74-75].
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): Είναι η κορυφαία μέθοδος αξιολόγησης βιωσιμότητας παγκοσμίως για master planning, υποδομή και κτίρια. Απευθύνεται σε διάφορες φάσεις κύκλου ζωής, π.χ νέα κατασκευή, ανακαίνιση υφιστάμενης και χρήση. Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχουν περισσότερες από 561.500 πιστοποιήσεις BREEAM και σχεδόν 2.263.700 κτίρια καταχωρήθηκαν για αξιολόγηση από τότε που ξεκίνησαν το έτος 1990 [76-78].
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Το εργαλείο LEED δημιουργήθηκε από το Συμβούλιο Πράσινων Κατασκευών των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Green Building Council) για να προωθήσει τις

πρακτικές ολοκληρωμένου και αειφόρου σχεδιασμού στον κατασκευαστικό κλάδο [79-80].

Επίσης ερευνητές [81], αναφέρουν κάποιες από τις βάσεις δεδομένων της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής που χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα:

- Swedish SPINE@CPM database [82],
- German PROBAS database [83],
- Japanese JEMAI database [84-85],
- US NREL database [86],
- Australian LCI database [87],
- Swiss ecoinvent database [88],
- European Reference Life Cycle Database (ELCD) [89].

Ενδιαφέρον ερευνητές [90], σε μελέτη τους παρουσίασαν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την βιωσιμότητα στον κατασκευαστικό τομέα. Αναφέρθηκαν στην ανάγκη δημιουργίας ενός νέου τρόπου σύλληψης των δομικών κατασκευών με στόχο να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η κατανάλωσης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα πρότειναν την εξίσωση όλων των παραμέτρων σε όρους ισοδύναμων εκπομπών CO₂ με στόχο την καθοδήγησή τους προς την αειφορία του κατασκευαστικού τομέα, όπως απαιτούν και οι Ευρωπαϊκοί στόχοι. Παρουσίασαν μια πιθανή μεθοδολογία Βιώσιμης Στατικής Μελέτης ‘Sustainable Structural Design’ (SSD) με τρία βασικά βήματα, αντιμετωπίζοντας το ενδεχόμενο να συμπεριληφθούν θέματα περιβάλλοντος στο δομικό σχεδιασμό, προκειμένου να επιτευχθεί μια παγκόσμια παράμετρος εκτιμημένη σε νομισματικούς όρους. Με άλλα λόγια, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η κατανάλωση ενέργειας, οι οποίες υπολογίζονται από τη μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ), σε κοινή μονάδα μέτρησης τις εκπομπές CO₂ θα πρέπει να συνδυαστούν με την δομική ανάλυση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρέπει να μετατραπούν σε έξοδα προκειμένου να αθροίζονται με τις κατασκευαστικές επιπτώσεις, οι οποίες εκφράζονται σε οικονομικούς όρους, μέσω της προτεινόμενης απλοποιημένη μεθοδολογία simplified Performance Based Assessment (sPBA).

Αναλυτικότερα κατά τους ίδιους ερευνητές [90], το πρώτο βήμα για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της μεθοδολογίας ανάλυσης κύκλου ζωής (AKZ), επιτρέποντας την ποσοτικοποίηση των

εκπομπών CO₂ και της κατανάλωσης ενέργειας σε ισοδύναμες ποσότητες CO₂. Με αυτό το τρόπο γίνεται συνδυασμός των περιβαλλοντικών και των δομικών επιπτώσεων. Το δεύτερο βήμα επιτρέπει την αξιολόγηση της δομικής συμπεριφοράς με οικονομικούς όρους, λαμβάνοντας υπόψη τη νομισματική απώλεια σε σχέση με τις ζημιές στις οποίες θα μπορούσε να υποστεί μια δομική κατασκευή σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της. Το τρίτο βήμα, περιγράφει τον τρόπο ορισμού μιας συνολικής παραμέτρου αξιολόγησης, δηλαδή προτείνουν ένα τρόπος μετατροπής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε νομισματικές μονάδες. Με αυτόν τον τρόπο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα μπορούν να συνδυαστούν με τις δομικές επιπτώσεις, δίνοντας ένα μοναδικό αποτέλεσμα.

Επιπροσθέτα κάνουν αναφορά ότι η μεγάλη διαφορά μεταξύ των τιμών της ενέργειας και του CO₂ εξαρτάται από τους φόρους που λαμβάνονται υπόψη για την ενέργεια. Ειδικότερα, για να γίνει κατανοητή η σημασία των εξωτερικών παραγόντων στον κατασκευαστικό τομέα, η τιμή αναφοράς των εκπομπών CO₂ θα πρέπει να αλλάξει ώστε να αντικατοπτρίζει καλύτερα το περιβαλλοντικό και κοινωνικό κόστος. Η σημασία της εξέτασης της αποδοτικότητας των πόρων στον κατασκευαστικό τομέα έχει επισημανθεί, αναλύοντας μια διαδικασία για την ποσοτική μέτρησή της μέσω ενός δείκτη. Επιπλέον, έχουν εξεταστεί πιθανές επιλογές για την προώθηση της βέλτιστης χρήσης των πόρων στον κατασκευαστικό τομέα, εστιάζοντας στη δυνατότητα καθορισμού της οικονομικής διάστασης των πόρων και τήρησης των στόχων επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Για το τελευταίο σημείο, η έννοια του σχεδιασμού για την αποδόμηση και τα οικονομικά μέσα, όπως οι φόροι υγειονομικής ταφής αποδεικνύονται πιθανά ζητήματα που ευνοούν την αποδοτικότητα των πόρων. Οι ίδιοι εντοπίζουν ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με το σχεδιασμό για την αποδόμηση κτιρίου και τη χρήση άλλων οικονομικών μέσων, όπως φόρων υγειονομικής ταφής ώστε να ευνοηθεί η αποδοτικότητα των πόρων.

Σε συνέχεια της έρευνας και άλλοι ερευνητές [91], ανέλυσαν και αυτοί το ρόλο των περιβαλλοντικών μεθόδων καθώς και τα συστήματα αποτύπωσης. Με συστήματα αποτύπωσης παρείχαν την προσέγγιση της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε επίπεδο προϊόντος. Αναφέρουν ότι ένα κτίριο είναι καλύτερα να περιγράφεται ως διαδικασία και όχι ως προϊόν, όταν λαμβάνονται υπόψη οι αλληλεπιδράσεις που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του, αφού με αυτό τον τρόπο δεν απομονώνονται τα δομικά στοιχεία που το αποτελούν. Επίσης οι ερευνητές [91], αναφέρουν ότι συνήθως οι μέθοδοι αξιολόγησης της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τον κύκλο

ζωής των κτιρίων γίνεται σε ένα μεταγενέστερο στάδιο του σχεδιασμού τους. Επομένως η πρότασή τους για ένα αποτελεσματικότερο τρόπο επίτευξης βιωσιμότητας κτιρίου είναι να εξετάζονται τα περιβαλλοντικά ζητήματα στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού του, όπου εμπλέκονται οι αρχές της αντοχής, αξιοπιστίας και της ασφάλειας των δομικών κατασκευών. Κατά τους ίδιους αυτές οι παράμετροι εφόσον είναι μέρη του ίδιου συνόλου πρέπει να αντιμετωπιστούν από κοινού και επισημαίνουν την ανάγκη για μια νέα προσέγγιση του σχεδιασμού των δομικών κατασκευών. Αναφέρουν ότι τα κτίρια είναι πολυδιάστατα συστήματα και ως εκ τούτου η αξιολόγησή τους απαιτεί πολλές παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Προτείνουν νέα προσέγγιση στην κατεύθυνση προς την αειφορία, μέσω ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού που θα επιτρέψει την αξιολόγηση των κτιρίων σε μια πολυδιάστατη προοπτική. Ακόμη παρουσιάζουν μια Βιώσιμη Στατική Μελέτη (SSD), η μεθοδολογία της οποίας χτίστηκε σε παραμέτρους του περιβάλλοντος και της κατασκευαστικής απόδοσης των κτιρίων και βασίστηκε στην προσέγγιση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής των κτιρίων.

Επομένως το θέμα καθίσταται ιδιαίτερα πολύπλοκο όταν αφορά υφιστάμενα κτίρια. Η επιλογή της επαναχρησιμοποίησης ή της αντικατάστασης των υφιστάμενων υλικών, καθώς και το ποια είναι η επιρροή της ανακαίνισης και επαναλειτουργίας της οικοδομής στον κύκλο ζωής των οικοδομών, είναι ερωτήματα με αυξημένη πολυπλοκότητα. Επίσης ενδεχομένως να προκύπτει ότι για υφιστάμενες οικοδομές η συμπερίληψη στη μελέτη της παραμέτρου αύξησης της διάρκειας ζωής της δομικής κατασκευής να είναι πολύ πιο σημαντική παράμετρος για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση της δομικής κατασκευής και το τελικό οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου.

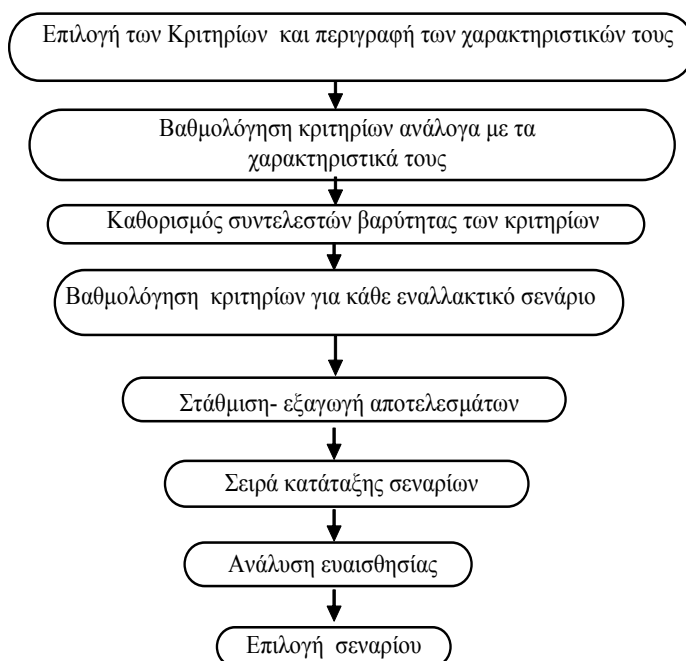
1.1.4 Μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί μία εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας που επιχειρεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων που πραγματοποιούνται είτε από διοίκηση ενός οργανισμού, δημόσιου ή ιδιωτικού είτε από ένα επενδυτή. Η λήψη μιας μεμονωμένης απόφασης σε ορισμένα προβλήματα είναι αδύνατη, ειδικά όταν τα προβλήματα είναι ιδιαίτερα σύνθετα. Περισσότεροι του ενός στόχοι (πχ. τεχνικοί, οικονομικοί, κ.λπ.), είναι αδύνατον να ικανοποιούνται ταυτόχρονα. Σε αυτή τη βάση, οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αναπτύσσουν τη βασική λογική για την προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων.

Η προσέγγιση και η ταυτοποίηση του αντικειμένου της πολυκριτηριακής ανάλυσης ως προς τα χαρακτηριστικά του προβλήματος αποτελεί το πρώτο στάδιο της αναλυτικής διαδικασίας, όπου διευκολύνεται η κατανόηση του προβλήματος επιτρέποντας την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επίλυσης. Αναλυτικότερα στην προσέγγιση τέτοιων προβλημάτων δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στα παρακάτω:

- Στάδιο δομής του προβλήματος
- Καθορισμός του είδους προβλήματος και επιλογή των πιθανών εναλλακτικών σεναρίων
- Επιλογή των κριτηρίων, τα οποία επηρεάζουν τη λήψη απόφασης
- Υπολογισμός των επιδόσεων και ταξινόμηση των κριτηρίων
- Εκτίμηση του συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου
- Δημιουργία μοντέλου αξιολόγησης του προβλήματος
- Καθορισμός των πιθανών περιοριστικών παραμέτρων ανάλογα με το αντικείμενο του εξεταζόμενου προβλήματος
- Τελική ταξινόμηση των εξεταζόμενων σεναρίων κατά σειρά βαθμολογίας με βάση τα χαρακτηριστικά του μοντέλου που θα επιλεγεί
- Στάδιο ανάλυσης των αποτελεσμάτων,
- Ανάλυση ευαισθησίας της λύσης
- Προσδιορισμός σύγκρισης των κριτηρίων

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης.



Διάγραμμα 3: Απεικόνιση της διαδικασίας πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η επιτυχία στην εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στον καθορισμό ενός ικανού και αναγκαίου αριθμού κριτηρίων, τα οποία δίνουν μία αντιπροσωπευτική και πλήρη εικόνα των εναλλακτικών περιπτώσεων που διερευνώνται, και παράλληλα στη βαθμολόγηση των κριτηρίων που θα εξεταστούν, με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Για κάθε διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης χρησιμοποιείται ένα σύνολο κανόνων ώστε να αξιολογηθούν οι πιθανές λύσεις με βάση το στόχο τους. Κατ' ακολουθίαν, στην περίπτωση του ενός στόχου οδηγούμαστε σε μια βελτιστοποίηση του προβλήματος. Πολλά κριτήρια ή και πολλοί αποφασίζοντες με διαφορετικές προτεραιότητες συνδυάζονται ώστε να προκύψει μια συμβιβαστική λύση με βάση τη βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.

Στο πλαίσιο της πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία οργανώνει και συνθέτει τα διαφορετικά και συνήθως αντιφατικά στοιχεία ενός προβλήματος, μπορεί να προσφερθούν εργαλεία για την επιλογή ανάμεσα στις καλύτερες λύσεις του προβλήματος, ή την ταξινόμηση πιθανών επιλογών χωρίς όμως να προτείνεται η βέλτιστη λύση του προβλήματος.

Η λήψη μιας απόφασης πολλαπλών κριτηρίων αποτελεί μια γενική κατηγορία ερευνητικών μοντέλων, τα οποία εξετάζουν προβλήματα με βάση διάφορα κριτήρια

απόφασης. Η συγκεκριμένη κατηγορία προτύπων αποκαλούμενη MCDM (Multi- criteria decision making), διαιρείται περαιτέρω σε:

- λήψη απόφασης πολλαπλών στόχων MODM (Multi- objective decision making): οι εναλλακτικές λύσεις δεν προκαθορίζονται, αντί αυτού ένα σύνολο αντικειμενικών λειτουργιών βελτιστοποιείται υπό τον όρο ενός συνόλου περιορισμών. Επιδιώκεται η πιο ικανοποιητική και αποδοτική λύση. Στην προσδιορισμένη αποδοτική λύση δεν είναι δυνατό να βελτιώσει κανείς την απόδοση κανενός αντικειμενικού στόχου χωρίς υποβάθμιση της απόδοσης τουλάχιστον ενός άλλου στόχου.
- λήψη απόφασης πολλαπλών χαρακτηριστικών MADM (Multi- attribute decision making): μικρός αριθμός εναλλακτικών λύσεων αξιολογείται ενάντια σε ένα σύνολο ιδιοτήτων που συχνά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Η καλύτερη εναλλακτική λύση επιλέγεται συνήθως βάσει της σύγκρισης εναλλακτικών λύσεων όσο αφορά στην κάθε τους ιδιότητα.

Οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν από αρκετούς ερευνητές. Παράδειγμα αποτελούν ερευνητές [92], οι οποίοι σε έρευνά τους σύγκριναν τις μεθόδους όσον αφορά την απλότητα και τη ρεαλιστικότητα των αποτελεσμάτων τους των εφαρμογών. Επίσης ερευνητές [93], σε έρευνά τους συζήτησαν τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν σε ενεργειακή και σε περιβαλλοντική μοντελοποίηση λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες αβεβαιότητες από άλλους ερευνητές [94], όπου διερεύνησαν μεθόδους για περιβαλλοντικό σχεδιασμό και περιβαλλοντική διαχείριση εμφανίζεται ότι οι πλέον συνηθισμένες εφαρμογές μεθόδων MCDM είναι AHP, PROMETHEE, ELECTRE, MAUT [95-99], μέθοδοι βασισμένες στην ασαφή λογική και συστήματα υποστήριξης απόφασης (DSS). Αξίζει να σημειωθεί ότι με βάσεις και με άλλους ερευνητές, οι περισσότερες από τις αναφερόμενες μεθόδους MCDM εφαρμόζονται επίσης και σε πολλούς τομείς για να επικυρώσουν τα τελικά αποτελέσματα [100-111].

Σύμφωνα με ερευνητές [112], οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (MCDA) γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων για τη βιώσιμη ενέργεια, λόγω του πολυδιάστατου χαρακτήρα του στόχου της αειφορίας και της πολυπλοκότητας των κοινωνικό-οικονομικών και βιοφυσικών συστημάτων. Οι συγγραφείς έχουν εξετάσει τις αντίστοιχες μεθόδους σε διάφορα στάδια της μεθόδου λήψης αποφάσεων για τη βιώσιμη ενέργεια λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλά κριτήρια

ωστόσο, η πολυπλοκότητα του ζητήματος και οι σύνθετες αλληλεπιδράσεις το καθιστούν ιδιαίτερα δύσκολο.

Υπάρχουν διάφορα και άλλα ενεργειακά ζητήματα, όπως ο ενεργειακός σχεδιασμός νέων κτιρίων, η ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων, η κατανομή των ενεργειακών πόρων, η ενεργειακή πολιτική, η διαχείριση ενέργειας, η μεταφορά ενέργειας από διάφορα συστήματα μεταφοράς και πολλά άλλα, τα οποία τονίζουν επίσης την ανάγκη της εφαρμογής μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Συγκεκριμένα κάποιοι ερευνητές [112], εξέτασαν αντίστοιχες μεθόδους σε διαφορετικά στάδια λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων για τη βιώσιμη ενέργεια. Συνήθως τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για συστήματα παροχής ενέργειας διακρίνονται σε τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά και οι μέθοδοι για τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων αυτών κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- Υποκειμενικά κριτήρια βαρύτητας (υποκειμενική στάθμιση)
- Αντικειμενικά κριτήρια βαρύτητας (αντικειμενική στάθμιση)
- Συνδυασμός κριτηρίων βαρύτητας (Αντιστάθμιση και μέθοδοι συνδυασμού στάθμισης)

Από την έρευνα των ίδιων ερευνητών [112] παρατηρήθηκε ότι το κριτήριο 'κόστος επένδυσης' εντοπίζεται στην πρώτη θέση των κριτηρίων αξιολόγησης, με δεύτερο κριτήριο τις 'εκπομπές CO₂', λόγω του ότι επικεντρώνεται στην προστασία του περιβάλλοντος.

Μέσα από την ανασκόπηση των ίδιων ερευνητών [112], όπου σχετικά με τη λήψη απόφασης για χρήση συστημάτων βιώσιμης ενέργειας προκύπτει ότι η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει μεγαλύτερη εφαρμοσιμότητα ως μέθοδος, και οδηγεί στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι η ενεργειακή απόδοση, το κόστος των επενδύσεων, οι εκπομπές CO₂ και η δημιουργία θέσεων εργασίας είναι τα πιο κοινά κριτήρια ως προς τα τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά γνωρίσματα αντίστοιχα. Το επενδυτικό κόστος είναι στην πρώτη θέση σε όλα τα κριτήρια αξιολόγησης και ακολουθούν οι εκπομπές CO₂.
2. Η βαρύτητα των κριτηρίων επηρεάζει άμεσα τα αποτελέσματα των εναλλακτικών αποφάσεων σε ενεργειακά έργα. Η μέθοδος ίσων κριτηρίων βαρύτητας

εξακολουθεί να είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος στάθμισης κριτηρίων, λόγω της εύκολης κατανόησης της θεωρίας και της απλότητας στην εφαρμογή της.

3. Οι μέθοδοι λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDA) έχουν ευρέως χρησιμοποιηθεί στην αιφόρο ενέργεια. Έχει παρατηρηθεί ότι η διαδικασία αναλυτικής ιεράρχησης (AHP) είναι η πιο δημοφιλής ολοκληρωμένη μέθοδος. Επομένως η μέθοδος με στοιχειώδες σταθμισμένο άθροισμα εξακολουθεί να είναι βασική στα πολυκριτηριακά προβλήματα λήψης αποφάσεων.
4. Η αξιολόγηση και ο υπολογισμός της αιφόρου ενέργειας λαμβάνεται υπόψη συνήθως σε μια μέθοδο MCDA. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται διαφορετικές μορφές μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης ώστε να επαληθεύεται η εγκυρότητά τους. Θεωρείται ότι τα αποτελέσματα που λαμβάνονται με αθροιστικές μεθόδους (aggregation methods) είναι πιο συνολικά και συγκεντρωτικά και θα βοηθήσουν στην λήψη μελλοντικών αποφάσεων για την αιφόρο ενέργεια. Όσο πιο κατάλληλα είναι τα κριτήρια και τα βάρη των κριτηρίων για τα συγκεκριμένα προβλήματα αποφάσεων, τόσο πιο ισχυρά εργαλεία για τη λήψη αποφάσεων μπορεί να αποτελέσουν οι μέθοδοι MCDA.

Συγκεκριμένα υπάρχουν αρκετές μέθοδοι λήψης αποφάσεων, οι οποίες βασίζονται στο σταθμισμένο άθροισμα βαρύτητας, στον καθορισμό προτεραιοτήτων, στη θέση κατάταξης και στη μεθοδολογία ασαφούς συνόλου, ή σε συνδυασμό των παραπάνω.

1.1.5 Πρακτική ανακαίνισης υφιστάμενων κτιρίων στην Ε.Ε

Είναι πλέον αποδεδειγμένο από ερευνητές ότι η κατασκευή κτιρίων και η λειτουργία τους συμβάλλει σε μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας παγκοσμίως [113-114]. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει αρκετά μέτρα για τον ενεργειακό σχεδιασμό των νέων κτιρίων με σκοπό τη μείωση του ποσοστού αυτού. Παρόλα αυτά αντιμετωπίζει ένα μεγάλο ερώτημα, σχετικά με το πως αντιμετωπίζονται τα υφιστάμενα κτίρια του κάθε κράτους, τα οποία είναι και το μεγαλύτερο ποσοστό στο κτιριακό απόθεμά του. Εάν λάβουμε υπόψη ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% της πρωτογενούς ενέργειας και ο κτιριακός τομέας κυριαρχείται από τα υπάρχοντα κτίρια, τότε η ενεργειακή αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων, αφορά ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας. Επομένως η εξοικονόμηση ενέργειας στην ενεργειακή κατανάλωση των υφιστάμενων κτιρίων είναι πολύ σημαντικός ενεργειακός παράγοντας για το ενεργειακό ισοζύγιο συγκριτικά με τα νέα κτίρια τα οποία θα κατασκευαστούν.

Γι' αυτό το λόγο το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει αναφέρει στη σχετική οδηγία Directive 2010/31/EU [19], ότι τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι, όταν κτίρια υφίστανται μεγάλη ριζική ανακαίνιση, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου ή του ανακαινισμένου τμήματος πρέπει να είναι σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που ορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 4 της οδηγίας, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.

Πέραν αυτού η Ευρωπαϊκή οδηγία Directive 2012/27/EU [34], προνοεί την αναβάθμιση της υφιστάμενης κτιριακής υποδομής των κρατών μελών, και σύμφωνα με το άρθρο 4 της Οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση τα κράτη μέλη πρέπει να θεσπίσουν μακροπρόθεσμη στρατηγική για την κινητοποίηση των επενδύσεων για την ανακαίνιση του εθνικού κτιριακού αποθέματος. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Ανασκόπηση του εθνικού κτιριακού αποθέματος που θα βασίζεται, ανάλογα με την περίπτωση, σε στατιστική δειγματοληψία.
2. Εξεύρεση οικονομικώς αποδοτικών προσεγγίσεων για τις ανακαινίσεις ανάλογα με το είδος του κτιρίου και την κλιματική ζώνη.
3. Πολιτικές και μέτρα για την τόνωση οικονομικώς αποδοτικών ριζικών ανακαινίσεων, συμπεριλαμβανομένων των σταδιακών ανακαινίσεων.
4. Μια προσανατολισμένη στο μέλλον προοπτική που θα κατευθύνει τις επενδυτικές αποφάσεις των ιδιωτών, του κατασκευαστικού τομέα και των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων.
5. Την αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας βάσει στοιχείων και των γενικότερων ωφελειών.

Ενισχύοντας τα πιο πάνω και πιο συγκεκριμένα το International Energy Agency's Energy in Buildings and Communities Programme (IEA EBC) προβλέπει ότι στις περισσότερες βιομηχανικές χώρες τα νέα κτίρια μέχρι το 2050 θα έχουν συνεισφέρει στην ενεργειακή κατανάλωση με ποσοστό της τάξης του 10-20%, με το υπόλοιπο 80-90% να αφορά στο υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα [55, 115]. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προάγει την έρευνα και την ανάπτυξη σε 22 χώρες μέλη, με στόχο να παρέχει επιστημονικές εκθέσεις και συνοπτικές πληροφορίες υψηλής ποιότητας για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Στη συγκεκριμένη έρευνα συμμετείχαν η Αυστρία, το Βέλγιο, η Τσεχική Δημοκρατία, η Γαλλία, η Ολλανδία, η Πορτογαλία και η Ελβετία. Η ενεργειακή κατανάλωση των

υφιστάμενων κτιρίων μέχρι το 2050 προβλέπεται να αγγίξει το 30% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας [115].

Για το εν λόγω θέμα η Κυπριακή Δημοκρατία κατά τη διάρκεια απογραφής του 2011 του συνόλου του πληθυσμού, των νοικοκυριών και των κατοικιών, πραγματοποιήθηκε και συλλογή πληροφοριών για τα δημογραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού και των νοικοκυριών, για το μέγεθος και τις ανέσεις των κατοικιών και για τη γεωγραφική τους κατανομή με σκοπό οι πληροφορίες αυτές να καταστούν χρήσιμες στη μελέτη διαφόρων κοινωνικό-οικονομικών θεμάτων και για σκοπούς προγραμματισμού και χάραξης πολιτικής. Μέσω της εν λόγω καταγραφής προέκυψε ότι ένα μεγάλο τμήμα του κτιριακού αποθέματος της Κυπριακής Δημοκρατίας αποτελείται από κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν στις δεκαετίες 1980 και 1990. Το διάγραμμα 4 παρουσιάζει τον αριθμό κατοικιών ανά έτος κατασκευής στην Κύπρο. Η απογραφή πληθυσμού διενεργήθηκε από τη Στατιστική Υπηρεσία και κάλυψε τις ελεύθερες περιοχές της Κύπρου [116].



Διάγραμμα 4: Συνοπτικός Πίνακας αριθμού κατοικιών ανά έτος κατασκευής [116].

Από την έρευνα καταγράφηκε ότι οι κατοικίες, τα γραφεία και οι χώροι λιανικής πώλησης αποτελούν το 96% του κτιριακού αποθέματος της Κύπρου. Στο ποσοστό αυτό οι κατοικίες αποτελούν την πλειοψηφία του κτιριακού αποθέματος, καθώς έχουν καταγραφεί 433.212 κατοικίες. Ωστόσο, 71.942 κατοικίες χρησιμοποιούνται ως εξοχικές

ή τουριστικές κατοικίες που κατά κανόνα σημαίνει ότι έχουν περιορισμένο χρόνο λειτουργίας και κατά συνέπεια λιγότερες ενεργειακές καταναλώσεις. Επίσης, 54.651 κατοικίες είναι κενές. Οι αναφερόμενοι αριθμοί έχουν καταγραφεί και στο έντυπο “Στρατηγική για την κινητοποίηση επενδύσεων στον τομέα της ανακαίνισης κτιρίων”, η οποία έχει συνταχθεί από την Υπηρεσία Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.

Ταυτόχρονα, και σύμφωνα με την αναφερόμενη έρευνα, το 49% είναι μονοκατοικίες, το 22% είναι διαμερίσματα και το 20% είναι διπλοκατοικίες. Το 61% των κατοικιών βρίσκονται σε αστικές περιοχές και οι υπόλοιπες σε αγροτικές περιοχές. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση ανά τύπο κατοικίας μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών, καθώς η πλειοψηφία των μονοκατοικιών (59%) είναι στις αγροτικές περιοχές ενώ η πλειοψηφία των διαμερισμάτων (77%) και των διπλοκατοικιών (74%) είναι στις αστικές περιοχές. Οι περισσότερες κατοικίες που αποτελούν το σημερινό κτιριακό απόθεμα της Κυπριακής Δημοκρατίας έχουν κατασκευαστεί την περίοδο 1980-1990. Οι κατοικίες που έχουν κατασκευαστεί τη δεκαετία του ‘80 και τη δεκαετία του ‘90 αντανakλούν τις περιόδους της μεγάλης οικοδομικής ανάπτυξης στην Κύπρο [116].

Σύμφωνα με τα αναφερόμενα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία έρευνας, το 49% των κατοικιών δεν έχει λάβει κανένα μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας και μόνο το 12% έχει κάποιου είδους θερμομόνωση στο κέλυφος του κτιρίου. Ελαφρώς καλύτερη διαπιστώθηκε να είναι η κατάσταση στα κουφώματα, όπου πέραν του 38% των κατοικιών έχουν διπλά τζάμια [117].

Αναφορικά με τα κτίρια που δε χρησιμοποιούνται ως κατοικίες και περιλαμβάνουν διάφορους τύπους κτιρίων εντοπίστηκε ότι με πιο σημαντικά τα γραφεία, τους χώρους λιανικής πώλησης, τους χώρους εστίασης, τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία, δεν υπάρχουν στοιχεία από την στατιστική υπηρεσία της Κυπριακής Δημοκρατίας. Σε ετήσια έκθεση της ΑΗΚ του 2012 για αυτή την αναφερόμενη κατηγορία κτιρίων, η ΑΗΚ είχε 85.198 εμπορικούς πελάτες, δηλαδή κτίρια και κτιριακές μονάδες που ανήκουν σε επιχειρήσεις και οργανισμούς [118].

Επομένως εάν λάβουμε υπόψη το ρυθμό αντικατάστασης του κτιριακού αποθέματος θα μπορούμε να διαπιστώσουμε το βαθμό επιρροής των υφιστάμενων κτιρίων μακροπρόθεσμα στο ενεργειακό ισοζύγιο. Αναφορικά με ερευνητές [119], ο ρυθμός αντικατάστασης παγκοσμίως των υφιστάμενων κτιρίων από τα νέα κτίρια είναι περίπου

μόνο 1,0-3,0% ετησίως. Επίσης με βάση άλλους ερευνητές [120], οι οποίοι αναφέρουν ότι στο Ηνωμένο Βασίλειο στον εμπορικό τομέα τα υφιστάμενα κτίρια αντικαθίστανται κατά 1–1,5% ετησίως. Και σύμφωνα με άλλο ερευνητή [121], ο οποίος επισημαίνει ότι το απόθεμα κατοικιών του Ηνωμένου Βασιλείου αντικαθίσταται με χαμηλό ποσοστό περίπου 1% ετησίως, επομένως για να υπάρχει μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτιριακό τομέα είναι απαραίτητη η αντιμετώπιση της μέσω της αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων. Είναι πολύ μικρό το ποσοστό κατασκευής νέων κτιρίων και βραχυπρόθεσμα ο παράγοντας της ανάγκης κατασκευής νέων κτιρίων λόγω ζήτησης της αγοράς και δεν θα επιφέρει σύντομα αλλαγή στο ενεργειακό πρόβλημα, επομένως τα υφιστάμενα κτίρια αποτελούν σημαντικό παράγοντα στο ενεργειακό ισοζύγιο και βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα. Συγκεκριμένα ερευνητές [119] έχουν εφαρμόσει μια συστηματική μεθοδολογία για την κατάλληλη ανακαίνιση υφιστάμενων κτιρίων με στόχο την ενεργειακή απόδοση και την αειφορία. Έχουν ολοκληρώσει μια επισκόπηση προηγούμενων μελετών σχετικά με τη διερεύνηση και αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής σκοπιμότητας των διαφόρων τεχνολογιών ανακαίνισης για εφαρμογές σε υφιστάμενα κτίρια. Συμπερασματικά έχουν καταλήξει ότι υπάρχει ακόμα αρκετά μεγάλη απόσταση από το επιθυμητό αποτέλεσμα, τόσο για τους επιστήμονες όσο και για τους επαγγελματίες σχετικά με τη μετατροπή των υφιστάμενων κτιρίων σε ενεργειακά αναβαθμισμένα κτίρια και φιλικά προς το περιβάλλον.

Και άλλοι ερευνητές [122], σε έρευνά τους για τις σύγχρονες προσεγγίσεις με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της λειτουργίας των εμπορικών και δημόσιων κτιρίων, έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων προσεγγίσεων. Η έρευνά τους βασίστηκε σε άρθρα που δημοσιεύτηκαν κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών. Μια σημαντική τους επισημάνση είναι ότι βασικοί κανόνες, όπως ο κύκλος ζωής και το επίπεδο εξυπηρέτησης στα κτίρια, δεν έχουν ληφθεί υπόψη από πολλές προσεγγίσεις ενεργειακών αναβαθμίσεων κτιρίων. Ως εκ τούτου, πρότειναν ότι απαιτείται μια συγκεντρωτική ενοποιημένη βάση γνώσεων με στόχο την ενημέρωση όλων των εμπλεκόμενων παραμέτρων για τη βέλτιστη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων. Εισηγήθηκαν ότι απαιτείται μια περαιτέρω μελέτη για τους παράγοντες όπως τον κύκλο ζωής, την εκτέλεση αλλά και το κόστος που συνδέονται με τις προσεγγίσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων.

Συνοψίζοντας το συμπέρασμα είναι ότι εάν οι ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων έχουν σκοπό μόνο την ενεργειακή αναβάθμιση ακολουθώντας αναβαθμίσεις σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία (όπως π.χ. στέγες, προσόψεις ή συστήματα θέρμανσης), χωρίς μια σφαιρική συμπερίληψη όλων των παραμέτρων, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να οδηγηθούμε σε μια αναποτελεσματική και ακραία δαπανηρή λύση, χωρίς μακροπρόθεσμη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Επομένως πρέπει να επισημανθεί πόσο πιο αναποτελεσματική και ακραία δαπανηρή λύση θα είναι η μη χρήση της ταυτόχρονης ενεργειακής και στατικής αποκατάστασης ή αντισεισμικής αναβάθμισης, εάν λάβουμε υπόψη ότι γύρω στο 47% των υφιστάμενων κατασκευών παράδειγμα στην Κυπριακή Δημοκρατία κτίσθηκαν χωρίς αντισεισμικό σχεδιασμό [116]. Λάβετε υπόψη ότι στο αναφερόμενο ποσοστό δεν λήφθηκε υπόψη το ποσοστό από τα υφιστάμενα κτίρια τα οποία κατεδαφίστηκαν, το οποίο ποσοστό είναι περίπου το 0,27%.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι στις 15 Δεκεμβρίου 2021 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή [123], έκδωσε μια οδηγία του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, όπου αναφέρετε σε πρόταση αναθεώρησης της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (OEAK) και αποτελεί μέρος της δέσμης προσαρμογής στον στόχο του 55% «Fit for 55». Η οδηγία έχει ως όραμα, την επίτευξη κτιριακού δυναμικού μηδενικών εκπομπών έως το 2050 για όλη την Ευρώπη. Οι κύριοι στόχοι της αναθεώρησης είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της τελικής κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων έως το 2030 και ο καθορισμός ενός μακροπρόθεσμου οράματος, για τα κτίρια με στόχο την κλιματική ουδετερότητα σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2050. Για την επίτευξή του στόχου, η πρόταση βασίζεται σε διάφορους ειδικούς στόχους όπως στην αύξηση του ρυθμού και του βαθμού ανακαινίσης κτιρίων, στη βελτίωση της ενημέρωσης σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, τη βιωσιμότητα των κτιρίων, και στη διασφάλιση ότι όλα τα κτίρια θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έπειτα από κάποια σχέδια εκτίμησης επιπτώσεων τελικά κατέληξε, στην ανάγκη για πολιτική καθοδήγηση σχετικά με το κατά πόσον και υπό ποιες προϋποθέσεις, θα μπορούσε να προχωρήσει περαιτέρω η πρόταση για την αναθεώρηση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Τα αρνητικά που εντοπίστηκαν στην πρόταση ήταν ότι:

- δεν προσδιόριζε με σαφήνεια το πρόσθετο κενό που θα έπρεπε να καλύψει η αναθεώρηση της ΟΕΑΚ, δεδομένων των υπόλοιπων προτάσεων «Fit for 55»
- δεν κατεδείκνυε με πειστικό τρόπο την ανάγκη για εναρμονισμένα μέτρα σε επίπεδο ΕΕ δεδομένης της ανομοιογένειας του κτιριακού τομέα στα κράτη μέλη
- δεν αποσαφήνιζε επαρκώς τον λόγο για την επιλογή των διαφόρων επιμέρους συνιστωσών της προτιμώμενης δέσμης επιλογών πολιτικής.

Τελικά η Επιτροπή παρέκκλινε από το σχέδιο εκτίμησης των επιπτώσεων, όπου ήταν επιλογή της να προσανατολίσει, προς μια σταδιακά εφαρμοζόμενη και χρονικά δεσμευτική αυστηροποίηση, των ελάχιστων προτύπων ενεργειακής απόδοσης σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, για ορισμένους τύπους κτιρίων και σε συνδυασμό με την υποχρέωση των κρατών μελών, να θεσπίσουν εθνικά ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης (MEPS) για όλα τα άλλα κτίρια τους. Ως εκ τούτου πλέον, τα εθνικά MEPS προτείνονται ως προαιρετικά και οι διαφορές, στο εθνικό κτιριακό δυναμικό, λαμβάνονται καλύτερα υπόψη, παρέχοντας μεγαλύτερη ευελιξία στα κράτη μέλη κατά την κατάρτιση των σχεδίων τους, για την επίτευξη του στόχου για κτιριακό δυναμικό μηδενικών εκπομπών έως το 2050. Επομένως τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης σε επίπεδο ΕΕ έχουν διατηρηθεί για τα κτίρια, με τις απολύτως χειρότερες επιδόσεις, ώστε να διασφαλιστεί από όλους επαρκής αρχική προσπάθεια για τα εν λόγω κτίρια, στα οποία μπορούν να επιτευχθούν κατά τον μέγιστο βαθμό η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

Συνοψίζοντας η τελική πρόταση αφήνει στα κράτη μέλη μεγάλο περιθώριο ελιγμών για την προσαρμογή των κτιριακών κανονιστικών και χρηματοδοτικών πολιτικών τους στις εθνικές και τοπικές συνθήκες, με σκοπό την επίτευξη μιας κοινής συνολικής φιλοδοξίας.

Δηλαδή τα κράτη μέλη καλούνται να εκπονήσουν και να εφαρμόσουν καταλλήλως φιλόδοξα εθνικά σχέδια ανακαίνισης κτιρίων, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη τους στόχους τους βάσει του κανονισμού περί επιμερισμού των προσπαθειών και το προτεινόμενο ανώτατο όριο εκπομπών από τη χρήση καυσίμων θέρμανσης στον κτιριακό τομέα. Τα εθνικά σχέδια ανακαίνισης κτιρίων θα αξιολογηθούν από την Επιτροπή στο ανωτέρω πλαίσιο.

Επομένως με βάση τη καινοτομία της αναθεώρησης της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση όπου είναι η θέσπιση ελάχιστων προτύπων ενεργειακής απόδοσης για την

ενεργοποίηση του απαιτούμενου μετασχηματισμού του τομέα, επισημαίνεται ότι η ανακαίνιση κτιρίων έχει δύο ευρέως αναγνωρισμένες θετικές οικονομικές επιπτώσεις:

1. μείωση του ενεργειακού κόστους,
2. μείωση της ενεργειακής φτώχειας, και
3. αύξηση της αξίας των κτιρίων μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης.

Για αυτό η Επιτροπή ανακοίνωσε ότι αναθεωρεί επί του παρόντος το σχετικό πλαίσιο για τις κρατικές ενισχύσεις και έχει ως στόχο να το καταστήσει ευνοϊκότερο για τις ανάγκες της αναθεώρησης της ΟΕΑΚ και ιδίως των ελάχιστων προτύπων ενεργειακής απόδοσης (ΕΠΕΑ) σε επίπεδο ΕΕ. Οι συνακόλουθες διατάξεις για τις κρατικές ενισχύσεις πιστεύει θα αποβούν σημαντικές στην παροχή κινήτρων για την έγκαιρη συμμόρφωση με τα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης που καθορίζονται σε επίπεδο ΕΕ σε σχέση με τη βελτίωση των κτιρίων με τις χειρότερες επιδόσεις.

Επομένως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει καταλήξει ότι τα υφιστάμενα κτίρια με τις χειρότερες ενεργειακές επιδόσεις είναι προτεραιότητα. Επίσης θα είναι αξιολόγο να παρακολουθήσουμε ότι μετά από όλες τις προσπάθειες για την αντιμετώπιση του ζητήματος ανακαινίσεων των υφιστάμενων κτιρίων να λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι είτε είναι περιβαλλοντικές είτε οικονομικές. Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία την εξεύρεσης μιας μεθοδολογίας αξιολόγησης και αποτελεσματικής προσέγγισης για ανακαινίσεις/αναβαθμίσεις υφιστάμενων κτιρίων, η οποία θα μπορούσε να προτείνει μακροπρόθεσμα ενιαία μέτρα ενεργειακής αλλά και στατικής/αντισεισμικής αναβάθμισης σε υφιστάμενα κτίρια. Η επέμβαση της στατικής/αντισεισμικής αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου αποσκοπεί στην ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής της δομική κατασκευής και θα πρέπει να είναι απαιτούμενο κριτήριο αξιολόγησης της κάθε επέμβασης. Η αξιολόγηση και η τελική απόφαση θα πρέπει να βασίζεται στον τελικό κύκλο ζωής του κτιρίου για να εκτιμούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και στον οικονομικό τελικό κύκλο ζωής του για να εκτιμώνται οι οικονομικές επιπτώσεις. Η επιλογή τεκμηριωμένων αποφάσεων σε προβλήματα τέτοιας πολυπλοκότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση της μεθόδου της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Στα πλαίσια της διατριβής γίνεται εισήγηση ενός μοντέλου αξιολόγησης επεμβάσεων ενεργειακής και αντισεισμικής αναβάθμισης ώστε να μπορεί ο χρήστης να έχει την κατάλληλη εικόνα της επέμβαση ανακαίνισης του υφιστάμενου κτιρίου με σκοπό την

επιλογή της βέλτιστης πρακτικής με αποτέλεσμα την αντιμετώπιση της φτώχειας αλλά και την αντιμετώπιση των εκπομπών αερίων για μια καλύτερη ποιότητα ζωής.

1.1.6 Πρακτικές επεμβάσεων άλλων ερευνητών σε υφιστάμενα κτίρια.

Σχετικά με τη βέλτιστη πρακτική προσέγγισης υφιστάμενων κτιρίων, με στόχο την μετατροπή τους σε κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση έγιναν αρκετές μελέτες οι οποίες αφορούσαν διάφορα μοντέλα βελτιστοποίησης κτιρίων. Αξίζει να σημειωθεί η μελέτη ερευνητών [124], οι οποίοι προτείνουν μια οικονομικά αποδοτική βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, επισημαίνουν ότι μία από τις καλύτερες ευκαιρίες για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, είναι κατά την διάρκεια της ανακαίνισης των κτιρίων. Αυτό επισημάνε και περιλαμβάνεται και στους στόχους της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD) της η Ευρωπαϊκή Ένωση. Σε συνέχεια οι ίδιοι αναφέρουν ότι μέσα στις πολλαπλές επιλογές για την ανακαίνιση ενός κτιρίου, το κύριο ζήτημα είναι να εντοπιστούν εκείνες οι επιλογές που αποδεικνύονται πιο αποτελεσματικές και πιο αξιόπιστες μακροπρόθεσμα. Συνοψίζοντας περιγράφουν μια μεθοδολογία βελτιστοποίησης η οποία αναπτύχθηκε στο MATLAB και βασίζεται σε ένα συνδυασμό λογισμικού Transient System Simulation (TRNSYS) και αλγόριθμου βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων Generic Optimization (GenOpt) [125-126]. Η προτεινόμενη μεθοδολογία τους επιτρέπει, την ταυτόχρονη εξέταση όλων των διαθέσιμων συνδυασμών εναλλακτικών ενεργειών ανακαίνισης και οδηγεί στην βελτιστοποίηση του κόστους ανακαίνισης, της εξοικονόμησης ενέργειας και της θερμικής άνεσης του κτιρίου. Στη διαδικασία της λήψης απόφασης εξετάζεται ένα μεγάλο εύρος επιλογών, συμπεριλαμβανομένων εναλλακτικών υλικών για την θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, θερμομόνωση οροφής, διαφορετικών τύπων παραθύρων και εγκατάσταση ηλιακού συλλέκτη στο υφιστάμενο κτίριο. Ακόμη, εξετάζοντας μια μελέτη περίπτωσης για να παρουσιάσουν τη λειτουργία του προτεινόμενου μοντέλου, καταλήγουν ότι τα αποτελέσματα επαληθεύουν την πρακτικότητα της προσέγγισης και υπογραμμίζουν πιθανά προβλήματα που μπορεί να αναδειχτούν.

Εξίσου σημαντική είναι η έρευνα ερευνητών [127], οι οποίοι διερευνούν ένα πλαίσιο για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης των σεισμικών γεγονότων στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υφιστάμενων κτιρίων. Είναι γεγονός ότι ο κτιριακός τομέας έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του

κτιρίου, καθιστώντας πλέον απαραίτητη την μετάβαση προς μια κοινωνία ουδέτερη ως προς τον άνθρακα. Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει σε αυξανόμενη προσοχή της ακαδημαϊκής κοινότητας και προς την ανακαίνιση παλαιών/υφιστάμενων κτιρίων. Οι ίδιοι ερευνητές έχουν ερευνήσει το γεγονός εάν το σεισμικό ρίσκο επηρεάζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου, το οποίο δεν σχεδιάστηκε με τους νέους αντισεισμικούς κώδικες. Ταυτόχρονα γίνεται αναφορά σε σεισμικές περιοχές, όπου η ευπάθεια των υφιστάμενων κτιρίων, τα οποία δεν έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τους σύγχρονους κτιριακούς αντισεισμικούς κώδικες, και πιο συγκεκριμένα η υφιστάμενη τρωτότητα της φέρουσα ικανότητας των κτιρίων, ενδεχομένως θα μπορούσε να παρεμποδίσει την αποτελεσματικότητα της ενεργειακής αναβάθμισης του υφιστάμενου κτιρίου, λόγω απουσίας της ασφάλειας της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου ως προς τον σεισμικό κίνδυνο. Σε αυτή τη βάση διερευνάται ένα πλαίσιο για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης των σεισμικών γεγονότων, σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων. Το πλαίσιο αυτό επικεντρώνεται στην εφαρμογή ενός επιλεγμένου τύπου κτιρίου, θεωρώντας ότι το κτίριο είναι τοποθετημένο σε περιοχές με διαφορετική σεισμικότητα. Εξετάζονται τρία διαφορετικά σενάρια:

- Το πρώτο σενάριο εξετάζει την κατεδάφιση και την ανακατασκευή, δεδομένης και της εξαιρετικά κακής απόδοσης του εξεταζόμενου κτιριακού αποθέματος από οπλισμένο σκυρόδεμα. Με την ολοκλήρωση της παρέμβασης, το νέο κτίριο πληροί όλες τις σύγχρονες απαιτήσεις για την ενεργειακή κατανάλωση και την δομική ασφάλειά του. Στο πρώτο σενάριο ο κύκλος ζωής του νέου κτιρίου περιλαμβάνει επιλεκτική αποξήλωση και πιθανή επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση των υλικών κατασκευής του υφιστάμενου κτιρίου. Εδώ επισημαίνεται ότι ο αντίκτυπος μιας τέτοιας προσέγγισης στο περιβάλλον θα ήταν μεγάλος, τόσο ως προς την κατανάλωση πρώτων υλών όσο και ως προς την παραγωγή επικίνδυνων αποβλήτων.
- Στο δεύτερο σενάριο εξετάζονται παρεμβάσεις με μοναδικό στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι αυτή η λύση δεν προσφέρει παράταση της διάρκειας ζωής των δομικών στοιχείων και η δομική ασφάλεια του κτιρίου δεν είναι εγγυημένη σε περίπτωση σεισμού. Υπογραμμίζουν ότι μια τέτοια πρακτική ανακαίνισης δεν θέτει σε προτεραιότητα τη δομική ασφάλεια και τη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής.

- Στο τρίτο σενάριο εξετάζεται μια πιο καινοτόμος προσέγγιση, η οποία αφορά σε ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση. Η πρόταση της αντισεισμικής αναβάθμισης αφορά την εισαγωγή και ενσωμάτωση συστημάτων στο υφιστάμενο κτίριο τα οποία ενισχύουν την αντίστασή του σε οριζόντια φορτία. Η δομική παρέμβαση επιτρέπει την επιμήκυνση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου με αποτέλεσμα η επίδραση της ενσωματωμένης ενέργειας στο υφιστάμενο κτίριο να μπορεί να κατανεμηθεί σε πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Το κτίριο αναφοράς απαιτεί βελτιώσεις στη θερμομόνωση με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι ερευνητές ενθαρρύνουν τη χρήση μέτρων παρέμβασης με στόχο τη μείωση λειτουργικής κατανάλωσης ενέργειας, συνήθως αναβαθμίζοντας τη θερμομόνωση και διασφαλίζοντας την ποιότητα του κτιρίου με την υιοθέτηση ανανεώσιμων και βιώσιμων πηγών ενέργειας στην εφοδιαστική αλυσίδα, όπως η θερμική και ηλιακή ενέργεια.

Η μελέτη περίπτωση κτιρίου που ερευνούν αφορά υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην Ιταλία και σε τοποθεσίες με μέτρια ή υψηλή σεισμικότητα, και έχει κατασκευαστεί πριν από την επιβολή των σύγχρονων σεισμικών κωδίκων δόμησης, επομένως έχει σχεδιαστεί μόνο με βάση τα φορτία βαρύτητας, καθιστώντας το ευάλωτο σε σεισμικές δράσεις. Ωστόσο, ο υπολογισμός που παρουσίασαν χρησιμεύει ως απόδειξη της ιδέας ότι ο σεισμικός κίνδυνος έχει πράγματι επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενώ ο ακριβής υπολογισμός μιας πλήρους ανάλυσης κύκλου ζωής (LCA) ξεφεύγει από το πεδίο εφαρμογής αυτής της εργασίας και θα αποτελεί μέρος της συνεχιζόμενης έρευνας τους. Η διαδικασία PEER–PBEE, την οποία χρησιμοποίησαν, βασίζεται στο συνολικό θεώρημα της πιθανότητας και συνδυάζει τις πιθανότητες που σχετίζονται τα σύνολα για τέσσερις αβεβαιότητες: σεισμικό κίνδυνο, απόκριση δομικής κατασκευής, επίπεδο ζημιών κατασκευής και χρηματική απώλεια λόγω ζημιών. Σε συνέχεια της διαδικασίας PEER–PBEE, η διαδικασία PBEE-Green εφαρμόζεται στην επιλεγμένη μελέτη περίπτωσης προκειμένου να αναδειχθεί η δυνατότητά και η ενσωμάτωση του σεισμικού κινδύνου στην περιβαλλοντική ανάλυση κτιρίου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που προβλέπονται ουσιαστικές παρεμβάσεις ανακαίνισης για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου και το κτίριο βρίσκεται σε σεισμική περιοχή. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης τους με βάση την PBEE-Green [128], όπου ολοκλήρωσαν, δείχνουν ότι η αναλογία μεταξύ του αναμενόμενου ετήσιου ECO_2e που σχετίζεται με τον

σεισμικό κίνδυνο και το ετήσιο λειτουργικό CO₂e μετά τη ενεργειακή αναβάθμιση είναι 10% και 87% για το κτίριο που βρίσκεται σε περιοχή υψηλής σεισμικότητας, με και χωρίς αντισεισμική αναβάθμιση αντίστοιχα. Τέλος κατέληξαν ότι «ανάλογα με τη σεισμικότητα της τοποθεσίας, ο στόχος ενός κτιρίου σχεδόν μηδενικής ενέργειας, ο οποίος προβλέπεται από τα διεθνή πρότυπα ως απαραίτητος για την επίτευξη μιας κοινωνίας ουδέτερης εκπομπών άνθρακα, μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν πραγματοποιηθούν επαρκείς παρεμβάσεις ενεργειακής απόδοσης σε δομικά ασφαλείς κατασκευές».

Ένα άλλο παράδειγμα ανάλυσης και χρήσης πολυκριτηριακής μεθόδου είναι μελέτη ερευνητών [129], οι οποίοι επισημαίνουν ότι η ανακαίνιση της τοιχοποιίας των υφιστάμενων κτιρίων, αποτελεί πλέον ένα κρίσιμο πρόβλημα για την Ευρώπη. Οι ίδιοι επιβεβαιώνουν ότι η δομική ασφάλεια και η ενεργειακή απόδοση θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν τον κυρίως στόχο οποιασδήποτε ανακαίνισης κτιρίων. Στη συνέχεια προβαίνουν σε μια σύντομη ανασκόπηση των τεχνικών τελευταίας τεχνολογίας δομικών και ενεργειακών μετασκευών για υπάρχουσες κατασκευές από τοιχοποιία. Η έρευνά τους συγκεντρώνεται σε υφιστάμενα κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και καταλήγει στον ορισμό μιας νέας παραμέτρου απόδοσης την οποία παρουσίασαν μέσα από ένα παράδειγμα μελέτης ως μια πιο γενικευμένη προσέγγιση. Αυτή η νέα παράμετρος είναι ικανή να αντιπροσωπεύει τη βελτίωση της ανακαίνισης ως προς τη δομική ασφάλεια του κτιρίου και τη θερμομόνωση για κάθε φέρουσα τοιχοποιία. Επιπρόσθετα επισημαίνουν ότι περαιτέρω εξέλιξη της έρευνας αναμένεται με την εφαρμογή της παραμέτρου σε αρκετές μελέτες περίπτωσης, για τον προσδιορισμό των βέλτιστων τιμών των προσαρμοστικών συντελεστών (α_i).

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό παράδειγμα χρήσης πολυκριτηριακής μεθόδου είναι έρευνα ερευνητών [130], η οποία επικεντρώνεται στη βελτίωση της θερμομόνωσης των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Η εργασία τους παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αξιολόγηση της δομικής και θερμικής ανακαίνισης φέρουσας τοιχοποιίας. Το οικονομικό και οικολογικό κόστος κάθε εξεταζόμενης λύσης επέμβασης συγκρίνεται, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμική και τη σεισμική ικανότητα. Συνολικά μελετώνται έξι αντιπροσωπευτικές επεμβάσεις μετασκευής οι οποίες έχουν παραμετροποιηθεί βάση της βελτίωσης της θερμικής αντίστασης, της ροπής κάμψης και της διατμητικής δομικής αντοχής της φέρουσας τοιχοποιίας. Το τελικό συμπέρασμα του προβλήματος της μετασκευής ενός ενιαίου τοίχου τοιχοποιίας έχει αξιολογηθεί λαμβάνοντας υπόψη τόσο

τις δομικές όσο και τις θερμικές επιδόσεις σε ένα πλαίσιο ανάλυσης κόστους. Στη συνέχεια το ενιαίο οικονομικό (€/m²) και το οικολογικό (kg CO₂/m²) κόστος της μετασκευής έχουν αναλυθεί για να ληφθούν συναρτήσεις παλινδρόμησης που επιτρέπουν την άμεση σύγκριση διαφορετικών ενεργειών. Τελικά η έρευνα τους παρουσιάζει μια μεθοδολογία για τη βέλτιστη λύση, με στόχο τον ποσοτικό προσδιορισμό των επιπτώσεων μιας στρατηγικής μετασκευής, λαμβάνονται υπόψη τις θερμικές και δομικές επιδόσεις ανάμεσα σε ένα σύνολο λύσεων μετασκευής, ανάλογα με τη θέση του κτιρίου, τα σεισμικά και θερμικά χαρακτηριστικά του. Όλα τα παραδείγματα είναι βασισμένα σε έξι τεχνικές μετασκευής που βρίσκονται σε τέσσερις διαφορετικές τοποθεσίες στην Ιταλία, και αναλύονται για να εξηγήσουν την αποτελεσματικότητα και τη σκοπιμότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Η σύγκριση μεταξύ οικολογικού και οικονομικού κόστους επιτρέπει την ανάδειξη των χαρακτηριστικών των διαφόρων παρεμβάσεων. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι η θερμική απόδοση αποδείχθηκε να είναι πιο σημαντική σε κρύες καιρικές συνθήκες, ενώ η δομική μετασκευή είναι προτιμότερη σε περιοχές υψηλού σεισμικού κινδύνου. Επίσης αναφέρουν ότι η ανάλυση κόστους-οφέλους που είναι απαραίτητη για την εύρεση της βέλτιστης λύσης χρειάζεται σύνθετους δείκτες απόδοσης οι οποίοι μέχρι στιγμής, δεν έχουν διερευνηθεί.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και έρευνα ερευνητών [131], οι οποίοι ανέπτυξαν μια διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη χάραξη στρατηγικής της δημόσιας διοίκησης με στόχο τη βελτιστοποίηση των σχολικών υπηρεσιών σε μικρούς Δήμους. Η προσέγγιση τους παρέχει δύο επίπεδα ανάλυσης. Στο πρώτο επίπεδο αναπτύσσεται μια προκαταρκτική αναλυτική-φάση γνώσης, που οδηγεί στον καθορισμό εναλλακτικών λύσεων παρέμβασης και των κριτηρίων αξιολόγησης. Το δεύτερο επίπεδο αποτελείται από τις φάσεις της κατασκευής του κτιρίου και της επίλυσης του πίνακα πολλαπλών κριτηρίων, καθώς και την συζήτηση των αποτελεσμάτων και τις τελικές επιλογές των υπευθύνων λήψης αποφάσεων. Προτείνεται μια ολοκληρωμένη πολυκριτηριακή προσέγγιση για την υποστήριξη των εμπλεκόμενων υπευθύνων λήψης αποφάσεων, και ειδικότερα των τοπικών διοικήσεων για την ανάλυση των πιθανών εναλλακτικών παρεμβάσεων, λαμβάνοντας υπόψη την πολλαπλότητα των διαστάσεων του προβλήματος. Τελικά προτείνουν να υιοθετηθούν τρία κριτήρια αξιολόγησης: τοποθεσία, ενεργειακή-περιβαλλοντική βιωσιμότητα και κόστος. Η επιλογή αυτών των κριτηρίων στοχεύει στην προώθηση στρατηγικών προσανατολισμένων στις τρεις κύριες διαστάσεις, την κοινωνική, την περιβαλλοντική και την οικονομική διάσταση.

Επομένως στα πλαίσια της συγκεκριμένης διατριβής η αξιολόγηση προχωράει περαιτέρω και θα λαμβάνει υπόψη:

- το τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του κτιρίου.
- την ενσωματωμένης ενέργειας και κόστος από τις επεμβάσεις.

την ενεργειακή κατανάλωση και το ενεργειακό κόστος.

1.1.7 Ερευνητικό ερώτημα

Με βάση την αναφερόμενη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τις μέχρι πρόσφατα πρακτικές επέμβασης/αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων προκύπτουν κάποια εύλογα ερωτήματα με το κύριο ερώτημα να είναι ποια θα ήταν, η βέλτιστη πρακτική αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων.

Τώρα διεθνώς υπάρχει έντονη προτροπή μιας ολοκληρωμένης αειφόρας επέμβασης ως προς την ενεργειακή αναβάθμιση. Η προσέγγιση αυτή εξασφαλίζεται με την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Η εφαρμογή όμως μιας μόνο ενεργειακής αναβάθμισης σε ένα υφιστάμενο φορέα, ο οποίος έχει προβλήματα με τη στατική/αντισεισμική του ικανότητα, είναι ψηλού ρίσκου οικονομική επέμβαση απόσβεσης στο κτίριο, επειδή υπάρχει το ενδεχόμενο σε μελλοντικό σεισμό, να προκληθεί κατάρρευση του κτιρίου και να χαθεί η επένδυση που έγινε για την ενεργειακή αναβάθμιση του. Επομένως, προκύπτει το ερευνητικό ερώτημα, κατά πόσο η φέρουσα ικανότητα του υφιστάμενου κτιρίου θα έπρεπε να ενταχθεί στην μεθοδολογία αξιολόγησης ως μια από τις παραμέτρους η οποία θα συμβάλει στο καθορισμό του τελικού περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος του. Το ερευνητικό ερώτημα θα απαντηθεί δεδομένου ότι η παράμετρος της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου συνδέεται πλήρως με την ένταξη της παραμέτρου του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής του κτιρίου και το αποτέλεσμα της απάντησης για την κάθε περίπτωση θα αξιολογηθεί εφόσον θα εξετάζεται και η ανανεώση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε προηγούμενες έρευνες, όπου μεγάλος αριθμός ερευνητών ανέφεραν το πλαίσιο των αναβαθμίσεων που εφάρμοσαν σε υφιστάμενα κτίρια, διαπιστώθηκε ότι αρκετοί προσέγγισαν τις αναβαθμίσεις μεμονωμένα, είτε από την μεριά της ενεργειακής αναβάθμισης είτε από την μεριά της αντισεισμικής αναβάθμισης, αλλά ελάχιστοι από αυτούς αναφέρθηκαν σε ταυτόχρονη ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση. Μελετήθηκαν οι αναφερόμενες προσεγγίσεις για ταυτόχρονη ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση και εντοπίστηκε ότι υπάρχουν προσεγγίσεις, είτε με τον

ορισμό δεικτών, είτε με πρόταση αριθμού συστημάτων ενεργειακής και αντισεισμικής αναβάθμισης, είτε με πρόταση χρήσης μεμονωμένου συστήματος ενεργειακής και αντισεισμικής αναβάθμισης.

Επιπλέον, άλλα ερευνητικά ερωτήματα που προέκυψαν κατά την διερεύνηση του θέματος, είναι τα εξής: α) υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ενεργειών επέμβασης; β) πως επηρεάζονται τα αποτελέσματα εάν οι ενέργειες γίνουν μεμονωμένα ή γίνει παράλληλα αριθμός ενεργειών; γ) η συνεισφορά μιας ενέργειας που εφαρμόζεται μεμονωμένα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από τη συνεισφορά της όταν εφαρμόζεται παράλληλα με ένα σύνολο ενεργειών; Διαπιστώθηκε ότι η εκτίμηση της πραγματικής συνεισφοράς της κάθε ενέργεια λαμβάνοντας υπόψη και την μεταξύ τους αλληλεπίδραση είναι πολύ σημαντική παράμετρος για την οποιαδήποτε τελική απόφαση και θα αποτρέπει τη λήψη τυχών λανθασμένων αποφάσεων.

Η παρούσα διατριβή στοχεύει στη δημιουργία ενός μοντέλου αξιολόγησης και κατάταξης των ενεργειών και σεναρίων επέμβασης, το οποίο θα έχει την δυνατότητα καθοδήγησης ως προς την επιλογή του βέλτιστου σεναρίου επέμβασης σε υφιστάμενο κτίριο. Σκοπός της μεθοδολογίας δεν είναι να υποδείξει ένα μεμονωμένο καινοτόμο σύστημα, αλλά να αξιολογήσει όλα τα προτεινόμενα συστήματα, είτε είναι δομικά, είτε είναι μηχανολογικά και με βάση τις αναλύσεις ευαισθησίας για κάθε περίπτωση να εντοπίζεται ο τελικός βαθμός επηρεασμού για κάθε ενέργεια. Ο βαθμός επηρεασμού της κάθε ενέργειας είναι η κύρια κατεύθυνση προς την βελτιστοποίηση του συνόλου των επεμβάσεων ως προς το τελικό αποτύπωμα του κτιρίου ως ένα ενιαίο σύστημα. Η μεθοδολογία και το μοντέλο αξιολόγησης έχει στόχο να καταστεί οδηγός σύγκρισης και κατάταξης των προτεινόμενων ενεργειακών και αντισεισμικών επεμβάσεων με αποτέλεσμα την υπόδειξη του βέλτιστου σεναρίου επέμβασης σε υφιστάμενο κτίριο με γνώμονα τους προτεινόμενους δείκτες. Επιπρόσθετα μέσω του μοντέλου αξιολόγησης θα εντοπίζεται και εάν μια μεμονωμένη εφαρμογή ενεργειακής αναβάθμισης σε υφιστάμενο κτίριο, οδηγεί σε μια αναποτελεσματική και ακραία δαπανηρή λύση συγκριτικά με την παράλληλη εφαρμογή όλων των παραμέτρων αναβάθμισης ταυτόχρονα.

Επομένως στόχος του μοντέλου αξιολόγησης είναι να καταστεί ένα εργαλείο επιλογής του μικρότερου περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος μεταξύ των προτεινόμενων σεναρίων επέμβασης υφιστάμενου κτιρίου.

1.1.8 Ερευνητικές υποθέσεις

Μέσω της έρευνας στην αναφερόμενη βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι, αναπτύχθηκαν λογισμικά ως εργαλεία υπολογισμού βέλτιστων λύσεων ενεργειακής αναβάθμισης, άλλα σε επίπεδο συστήματος θερμομόνωσης και άλλα σε επίπεδο μηχανολογικού εξοπλισμού. Στα μοντέλα αυτά ενσωματώνονται αρκετές παράμετροι οι οποίες βασίζονται σε πιθανότητες υπέρβασης ή εμφάνισης. Επομένως, και οι λύσεις που προτείνουν αυτά τα μοντέλα εξαρτώνται από αυτές τις πιθανότητες.

Στην προτεινόμενη μεθοδολογία γίνεται σύγκριση των διαφορετικών σεναρίων αναβάθμισης τα οποία βασίζονται σε παραμέτρους με την ίδια πιθανότητα εμφάνισης ή υπέρβασης. Επομένως η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου αναβάθμισης δεν θα επηρεάζεται άμεσα από τις πιθανότητες αυτές. Αυτό βασίστηκε στην λογική ότι εάν ένα γεγονός θα συμβεί ή όχι, αφορά όλα τα σενάρια και δεν επηρεάζει την σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και δεν εξετάζεται η περίπτωση το γεγονός να συμβεί στην μία περίπτωση και στην άλλη όχι.

Συνοψίζοντας, στα πλαίσια της διατριβής γίνεται προσπάθεια η μεθοδολογία να βασίζεται στις πιο κάτω αρχές:

- Πληρότητα: έγινε προσπάθεια να καλύπτονται όλα τα βασικά σημεία του προβλήματος και το συνολικό υπολογιζόμενο αποτύπωμα είτε περιβαλλοντικό είτε οικονομικό να αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα με βάση τα εργαλεία του κάθε κράτους.
- Λειτουργικότητα: έγινε προσπάθεια να μπορούν να χρησιμοποιηθούν κριτήρια και ενέργειες που θα είναι διαθέσιμες σε κάθε λογισμικό (π.χ. ISBEM-CY) που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό τους.
- Χρησιμότητα: έγινε προσπάθεια να μην υπάρχουν παραπάνω κριτήρια και ενέργειες, ούτε να εμπεριέχεται ένα κριτήριο μέσα σε ένα άλλο κριτήριο με αποτέλεσμα ο κάθε υπολογισμός κριτηρίου να μετράει.
- Απλότητα: έγινε η προσπάθεια οι διαστάσεις του προβλήματος να απλοποιηθούν στον ελάχιστο αριθμών κριτηρίων και ενεργειών για να είναι και το αποτέλεσμα πιο αντιπροσωπευτικό.

Επίσης τέθηκαν οι πιο κάτω ερευνητικές υποθέσεις:

- να αντιμετωπίζεται το υφιστάμενο κτίριο ως ένα μονολιθικό σύστημα ως προς τα περιβαλλοντικά και οικονομικά του χαρακτηριστικά του.

- οι μονάδες μέτρησης για το μοντέλο αξιολόγησης είναι δυο. Η σύγκριση θα βασίζεται τόσο σε οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά κριτήρια. Για το περιβαλλοντικό κομμάτι, η μονάδα μέτρησης θα είναι σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα και για το οικονομικό κομμάτι, η μονάδα μέτρησης θα είναι σε χιλιάδες ευρώ.
- ο καθορισμός του συνολικού περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος των υφιστάμενων κτιρίων, εφαρμόζεται ως τελικό κριτήριο κατάταξης τους λαμβάνοντας υπόψη και την παράμετρο του τελικού προσδόκιμου χρόνου ζωής του υφιστάμενου κτιρίου.
- ο όρος της ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής λαμβάνεται υπόψη ως παράμετρος αξιολόγησης των εναλλακτικών επιλογών για την αναβάθμιση των υφιστάμενων κτιρίων.
- ο συσχετισμός των παραμέτρων για τη λήψη τελικής απόφασης ενσωματώνει μια ανάλυση ευαισθησίας με την οποία στοχεύεται η βελτιστοποίηση της τελικής επέμβασης,
- η κάθε πρακτική προσέγγιση αναβάθμισης ερευνά και εξετάζει την παράμετρο της ταυτόχρονης αντισεισμικής/στατικής αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων.
- η παράμετρος του τελικού προσδόκιμου χρόνου ζωής, επηρεάζεται κυρίως από τη στατική ή αντισεισμική αναβάθμιση του φέροντα οργανισμού

Επομένως μέσω αυτής της ερευνητικής πρότασης θα προταθεί μια μεθοδολογία αξιολόγησης για να απαντάτε το ερευνητικό ερώτημα. Επιπρόσθετα, μέσω αυτής της προτεινόμενης μεθοδολογίας, θα είναι εφικτό να εξεταστεί μια μακροπρόθεσμη ενεργειακή περιβαλλοντική και οικονομική πολιτική, με στόχο στην άμεση μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος, αλλά και μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτιριακού αποθέματος των κρατών.

2 Μεθοδολογία Έρευνας.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση και την υποστήριξη του μοντέλου αξιολόγησης. Επεξηγείται ο ορισμός των ενεργειών, κριτηρίων, σεναρίων και όλων των σχετικών παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο αξιολόγησης, με την πλήρη ανάπτυξη και περιγραφή του λογικού διαγράμματος του μοντέλου αξιολόγησης. Στα υπό-κεφάλαια γίνεται η

περιγραφή του κάθε σταδίου, με αναφορά σε κάθε τμήμα της μεθοδολογία, στις βάσεις δεδομένων και στο λογισμικό που εφαρμόστηκαν.

2.1 Μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης

2.1.1 Αναλυτική ιεραρχική διαδικασία

Για τις ανάγκες του μοντέλου αξιολόγησης, χρησιμοποιείται η μέθοδος της αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας «AHP», η οποία αναπτύχθηκε από ερευνητές [95-96]. Η διαδικασία στηρίζεται στην αποδόμηση του προβλήματος σε μια ιεραρχία, με τον αντικειμενικό στόχο στην κορυφή της ιεραρχίας, κριτήρια και υπό-κριτήρια σε επίπεδα και υπό-επίπεδα και εναλλακτικές λύσεις απόφασης στο κατώτατο σημείο της ιεραρχίας. Τα στοιχεία σε δεδομένο επίπεδο ιεραρχίας συγκρίνονται ανά ζεύγη για να αξιολογηθεί η σχετική τους προτίμηση, όσον αφορά στο κάθε ένα από τα στοιχεία στο επόμενο πιο υψηλό επίπεδο. Οι όροι της θεμελιώδους κλίμακας «1-9» χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν το πόσο έντονη είναι η προτίμηση μεταξύ δύο στοιχείων. Η εναλλακτική λύση με την υψηλότερη αξία συντελεστή βαρύτητας λαμβάνεται ως η καλύτερη εναλλακτική λύση. Σημαντικός είναι ο υπολογισμός του δείκτη ασυνέπειας ο οποίος είναι πολύ σημαντικός για τον αποφασίζονταν, για να διασφαλίσει ότι οι κρίσεις του ήταν συνεπείς και ότι η τελική απόφαση λαμβάνεται ορθά. Ο δείκτης ασυνέπειας πρέπει να είναι χαμηλότερος από τον αριθμό 0.10. Αν υπάρχει μια υψηλότερη τιμή του δείκτη ασυνέπειας τότε ενδεχομένως να απαιτείται η επαναξιολόγηση των ανά ζεύγη συγκρίσεων. Λάβετε υπόψη ότι μεγαλύτερες τιμές μπορούν να γίνουν αποδεκτές εφόσον είναι αποδεκτό από τον αποφασίζονταν.

2.1.2 Μέθοδος ιεράρχησης εναλλακτικών λύσεων.

Επίσης για τις ανάγκες του μοντέλου αξιολόγησης, χρησιμοποιείται και η μέθοδος PROMETHEE [132], η οποία χρησιμοποιεί τη σχέση επικράτησης για την ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων, συνδυάζοντας εύκολα τη χρήση της με μειωμένη πολυπλοκότητα. Εκτελεί σύγκριση ανά ζεύγη εναλλακτικών λύσεων προκειμένου αυτές να ταξινομηθούν με βάση διάφορα κριτήρια. Ερευνητές [99], έχουν προτείνει έξι γενικευμένες συναρτήσεις κριτηρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί μία συνάρτηση προτίμησης $P_j(a,b)$ είναι μια συνάρτηση της διαφοράς d_j μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων για οποιοδήποτε κριτήριο j , δηλ. $d_j=f(a,j) - f(b,j)$, όπου

$f(a,j)$ και $f(b,j)$ είναι τιμές δύο εναλλακτικών λύσεων a και b για το κριτήριο j . Τα κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης q και p καθορίζονται επίσης ανάλογα με τον τύπο της συνάρτησης κριτηρίου που επιλέγεται. Δύο εναλλακτικές λύσεις είναι αδιάφορες για το κριτήριο j , εφ' όσον το d_j δεν υπερβαίνει το κατώφλι αδιαφορίας q . Εάν το d_j αυξάνει έναντι του p , υπάρχει μια αυστηρή προτίμηση.

Ο δείκτης προτίμησης πολλαπλών κριτηρίων, $\pi(a, \beta)$, ο οποίος αποτελεί σταθμισμένο μέσο όρο των συναρτήσεων προτίμησης $P_j(a, b)$ για όλα τα κριτήρια, ορίζεται ως εξής:

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^J (w_j P_j(a, b))}{\sum_{j=1}^J w_j} \quad (1)$$

Το άθροισμα των τιμών $\Pi(a,i)$ που δείχνουν προτίμηση της εναλλακτικής λύσης a από όλες τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, αποδίδεται ως "εξερχόμενη ροή", $\varphi^+(a)$, και υποδεικνύει πόσο "καλή" είναι η εναλλακτική λύση a . Η εναλλακτική λύση με τη υψηλότερη εξερχόμενη ροή ορίζεται ως εξής:

$$\varphi^+(a) = \sum_A \pi(a, b) \quad (2)$$

Το άθροισμα των τιμών $\Pi(i,a)$ προτίμησης όλων των άλλων εναλλακτικών λύσεων συγκρινόμενες με την a , αποδίδεται ως "εισερχόμενη ροή", $\varphi^-(a)$, και δείχνει πόσο «κατώτερη» είναι η εναλλακτική λύση a . Η εναλλακτική λύση με τη χαμηλότερη εισερχόμενη ροή ορίζεται ως εξής [127]:

$$\varphi^-(a) = \sum_A \pi(b, a) \quad (3)$$

Γενικά ισχύει:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (4)$$

όπου, w_j είναι η βαρύτητα του κριτηρίου j , $\varphi^+(a)$ ο δείκτης επικράτησης του a στο σύνολο των εναλλακτικών λύσεων A , $\varphi^-(a)$ ο αντίθετος δείκτης και $\varphi(a)$ η καθαρή ιεράρχηση του a στο σύνολο των εναλλακτικών λύσεων A . Η τιμή με μέγιστο $\varphi(a)$ θεωρείται ως η καλύτερη.

Σύμφωνα με την μέθοδο PROMETHEE, [132], η εναλλακτική λύση a είναι ανώτερη από την εναλλακτική λύση β , εάν η εξερχόμενη ροή της a είναι μεγαλύτερη από την εξερχόμενη της β και η εισερχόμενη ροή της β είναι μεγαλύτερη από την εισερχόμενη ροή της a . Δηλαδή η a υπερβαίνει τη β εάν: $\varphi^+(a) > \varphi^+(\beta)$ και $\varphi^-(a) < \varphi^-(\beta)$. Η ισοτιμία της φ^+ και φ^- υποδεικνύει την αδιαφορία ανάμεσα στις δυο συγκρινόμενες επιλογές. Σε

περίπτωση που οι εξερχόμενες ροές υποδεικνύουν ότι η α είναι καλύτερη της β , ενώ οι εισερχόμενες ροές το αντίθετο, οι δυο ενέργειες θεωρούνται ασύγκριτες. Οι εναλλακτικές λύσεις α και β είναι μη συγκρίσιμες εάν $\varphi^+(\alpha) > \varphi^+(\beta)$ και $\varphi^-(\alpha) > \varphi^-(\beta)$ ή $\varphi^+(\alpha) < \varphi^+(\beta)$ και $\varphi^-(\alpha) < \varphi^-(\beta)$.

2.1.3 Τεκμηρίωση επιλογής μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η επιλογή της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης, έγινε με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που εμφανίζουν οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης και μπορούμε να διακρίνουμε δυο κύριες ομάδες:

- Λήψη αποφάσεων με χρήση αθροιστικής συνάρτησης ομάδων κριτηρίων (Πολυκριτηριακή θεωρία αξίας ή χρησιμότητας)
- Λήψη αποφάσεων με καθορισμό μεμονωμένων κριτηρίων και σύγκριση σεναρίων ανά ζεύγη σε κάθε κριτήριο (Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής)

Η δεύτερη ομάδα μεθόδων παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την πρώτη, αφού π.χ.:

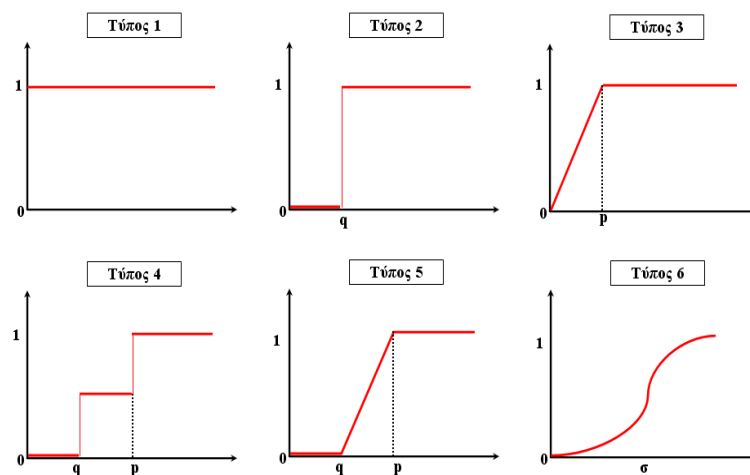
1. Στηρίζεται στη δυαδική σύγκριση των επιλογών για κάθε μεμονωμένο κριτήριο, γεγονός που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να διενεργεί πιο αναλυτικές συγκρίσεις (εξειδικευμένη σύγκριση επιμέρους χαρακτηριστικών των υπό εξέταση εναλλακτικών σεναρίων)
2. Απαλείφει τη στρέβλωση των αποτελεσμάτων λόγω διαφορών κλίμακας
3. Λαμβάνει υπόψη το εύρος της διαφοράς των επιδόσεων των δύο συγκρινόμενων επιλογών
4. Διευρύνει την κλασική σχέση προτίμησης με την εισαγωγή ψευδοκριτηρίων, που δέχονται όρια-κατώφλια αδιαφορίας και προτίμησης
5. Διευρύνει την κλασική σχέση επικράτησης, αναγνωρίζοντας καταστάσεις μη συγκρισιμότητας
6. Τα αποτελέσματα παρέχουν αρχικά μια μερική κατάταξη των επιλογών, η οποία μπορεί να αναχθεί και σε πλήρη κατάταξη
7. Παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει περισσότερες πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με τα κριτήρια, στα οποία υπερέχει ή υπολείπεται για κάθε εναλλακτικό σενάριο που εξετάζεται

8. Παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξάγει περισσότερες και πιο αναλυτικές πληροφορίες και συμπεράσματα σχετικά με τη συνολική απόδοση κάθε εναλλακτικού σεναρίου που εξετάζεται
9. Εξασφαλίζεται η μη αποδοχή αποτελεσμάτων που στηρίζονται σε ακραίες τιμές βαθμολογίας των κριτηρίων (ιδιαίτερα δυσμενείς περιπτώσεις)
10. Παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να προβαίνει σε διεξοδική ανάλυση των αποτελεσμάτων, μέσω ανάλυσης ευαισθησίας της προτεινόμενης λύσης σε επιλεγμένα κριτήρια για τα οποία θεωρείται ότι έχουν υψηλότερο βαθμό σημαντικότητας σε σχέση με τα υπόλοιπα
11. Παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να προσδιορίσει τις περιπτώσεις, στις οποίες κάποια κριτήρια ευνοούν σε μεγάλο βαθμό συγκεκριμένα σενάρια ενώ κάποια άλλα μειώνουν την προτίμηση στα σενάρια αυτά

Με βάση τα παραπάνω πλεονεκτήματα, επιλέγεται η μέθοδος Promethee για ανάπτυξη και εφαρμογή των εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης των υπό εξέταση συστημάτων της παρούσας μελέτης.

Αναλυτικότερα οι μέθοδοι προσέγγισης σχέσεων υπεροχής (Preference Ordering Method) χρησιμοποιούν για τη δυαδική σύγκριση των επιλογών ένα ή περισσότερα από 6 κριτήρια τα οποία παρουσιάζονται πιο κάτω και στο Διάγραμμα 5, [132]:

1. Κανονικό κριτήριο (usual type)
2. Κριτήριο με κατώφλι αδιαφορίας (U – type)
3. Κριτήριο με κατώφλι προτίμησης (V – type)
4. Βαθμωτό κριτήριο (level type)
5. Γραμμικό κριτήριο (linear type)
6. Κριτήριο Gauss (Gauss type)



Διάγραμμα 5: Οι 6 τύποι κριτηρίων της μεθόδου PROMETHEE, [132]

Η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος με τις μεθόδους αυτές ακολουθεί τα εξής διαδοχικά στάδια:

- **1ο Στάδιο:** Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε κατάλληλη κλίμακα.
- **2ο Στάδιο:** Για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίζεται η σπουδαιότητά τους με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων είναι 100%.
- **3ο Στάδιο:** Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται με βάση κλίμακας 1-10, όπου οι μικρότερες τιμές αφορούν στις δυσμενέστερες αποδόσεις των χαρακτηριστικών του κριτηρίου και οι μεγαλύτερες τιμές στις ευνοϊκότερες (καλύπτοντας με τον τρόπο αυτό όλες τις πιθανές περιπτώσεις).
- **4ο Στάδιο:** Αρχικά γίνεται αποτύπωση των χαρακτηριστικών κάθε επιμέρους κριτηρίου για κάθε εναλλακτικό σενάριο και αφού γίνει σύγκρισή τους με την κλίμακα που αναπτύσσεται στο 3ο στάδιο, λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10.
- **5ο Στάδιο:** Εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης της ομάδας αυτής περιλαμβάνει διακριτά επιμέρους βήματα όπως δυαδική σύγκριση επιλογών ανά

κριτήριο, υπολογισμό συνολικών δεικτών προτίμησης, υπολογισμό θετικών και αρνητικών ροών, μερική κατάταξη των επιλογών με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ροών, πλήρη κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής (καθαρή ροή).

Ο βαθμός σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων για την αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων καθορίζεται από το συντελεστή βαρύτητας που αποδίδεται στα κριτήρια αυτά. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι. Οι άμεσοι συντελεστές βαρύτητας χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και είναι δυνατή η επιλογή συντελεστών βαρύτητας. Οι έμμεσοι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού συντελεστή βαρύτητας, ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας και στη συνέχεια με τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας σε σχέση με το άθροισμα όλων των συντελεστών βαρύτητας, ή σε σχέση με το μεγαλύτερο συντελεστή. Επιπλέον, είναι δυνατή η χρήση κριτηρίων, στα οποία δεν έχει αποδοθεί συντελεστής βαρύτητας. Οι μεταβλητές που υπάρχουν για το συγκεκριμένο θέμα είναι πολλές και το ζήτημα γίνεται πολυδιάστατο.

Κάποιες κατηγορίες μεταβλητών αναφέρονται παρακάτω:

1. Τύπος χρήσης της δομικής κατασκευής
2. Βιοκλιματικός σχεδιασμός
3. Παθητική θερμομόνωση του κελύφους της κατασκευής
4. Τύπος ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και αυτοματισμών
5. Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κατασκευή

Με βάση ερευνητών [112], υπάρχουν αρκετά κριτήρια τα οποία θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για την διεξαγωγή της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την αξιολόγηση συστημάτων παροχής ενέργειας, και κάποια αναφέρονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Συνοπτικός Πίνακας για τυπικά κριτήρια αξιολόγησης των συστημάτων παροχής ενέργειας, [112].

Aspects	Criteria
Technical	Efficiency Exergy efficiency Primary energy ratio Safety Reliability Maturity Others
Economic	Investment cost Operation and maintenance cost Fuel cost Electric cost Net present value (NPV) Payback period Service life Equivalent annual cost (EAC) Others
Environmental	NO _x emission CO ₂ emission CO emission SO ₂ emission Particles emission Non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) Land use Noise Others
Social	Social acceptability Job creation Social benefits Others

Αναφορικά με κριτήρια τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγησης του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος κτιρίων θα μπορούσαν να είναι και κάποια από τα πιο κάτω:

- ενεργειακής απόδοσης,
- κόστος επένδυσης,
- διοξείδιο του άνθρακα,
- διάρκεια ζωής,
- κόστος λειτουργίας και συντήρησης,
- ηλεκτρικό κόστος, κόστος καυσίμων,
- κόστος
- Ασφάλεια
- Αξιοπιστία,
- Καθαρή παρούσα αξία

Στην συνέχεια ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας του κάθε κριτηρίου μπορεί να γίνει με βάση το βαθμό σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων σε σχέση με την ενεργειακή απόκριση της δομικής κατασκευής. Ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας για τα κριτήρια μπορεί να γίνει με βάση τη μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης.

Η μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές αρχές ως εξής:

1. Αρχή ανάλυσης: όπου το πρόβλημα απόφασης αναλύεται ιεραρχικά, ώστε τα υψηλότερα στοιχεία στην ιεραρχία να αποτελούν τους ευρύτερους στόχους και τα χαμηλότερα να αποτελούν τα κριτήρια. Σε αυτά συνδέονται πιο χαμηλά οι εναλλακτικές λύσεις. Τα στοιχεία ενός επιπέδου θα πρέπει να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους.
2. Αρχή συγκρίσεων: όπου τα στοιχεία ενός επιπέδου συγκρίνονται ανά ζεύγη με βάση το στοιχείο του ανώτερου επιπέδου με τελικό αποτέλεσμα τοπικές προτεραιότητες.
3. Σύνθεση προτεραιοτήτων: όπου οι τοπικές προτεραιότητες συντίθενται σε ολικές προτεραιότητες για καθένα από τα στοιχεία στη βάση της ιεραρχίας (εναλλακτικές λύσεις).

Για τη σύγκρισή τους προτείνεται μια 5-βάθμια κλίμακα [95] όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3:

Πίνακας 3: Επεξηγηματικός πίνακας βαθμονόμησης σπουδαιότητας κριτηρίων, [95].

ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ		
Ένταση της σχετικής σημασίας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίδιας Σημασίας	Τα δύο σχέδια συνεισφέρουν ισότιμα στο κριτήριο.
3	Ασθενής προτίμηση του ενός ως προς το άλλο	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ελαφρά προτίμηση στο ένα σχέδιο.
5	Αισθητή ή δυνατή σημασία	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ισχυρή προτίμηση στο ένα σχέδιο.
7	Πολύ δυνατή σημασία	Το ένα σχέδιο είναι ισχυρά επιθυμητό και η διαφορά του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σημασία	Η προφανής προτίμηση του ενός σχεδίου επιβεβαιώνεται σαφώς.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των δυο κρίσεων	Όταν απαιτείται συμβιβασμός
Αντίστροφοι θετικοί αριθμοί	Αν το σχέδιο i έχει έναν από τους παραπάνω αριθμούς όταν συγκρίνεται με το σχέδιο j, τότε το σχέδιο j έχει τον αντίστροφο αριθμό όταν συγκρίνεται με το i.	

Η βαθμολογία αυτή συγκεντρώνεται σε δισδιάστατους πίνακες βλέπε Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Πίνακας συγκρίσεως κριτηρίων όπου A_i : επιλογή και m : πλήθος επιλογών, [95].

	A1	A2	A3	...	A _m
A1	1	a ₁₂	a ₁₃	...	a _{1m}
A2	1/a ₁₂	1	a ₂₃	...	a _{2m}
A3	1/a ₁₃	1/a ₂₃	1	...	a _{3m}
...	...	...	...	1	...
A _m	1/a _{1m}	1/a _{2m}	1/a _{3m}	...	1

Για κάθε ένα από τα στοιχεία του τελευταίου επιπέδου αυτά δηλαδή που δεν μπορούν να αναλυθούν περισσότερο, αξιολογούνται ανά ζεύγη, οι δυνατές επιλογές του προβλήματος με τη βοήθεια της προαναφερθείσας ποιοτικής κλίμακας. Οι παραπάνω πληροφορίες (σχετική βαρύτητα των κριτηρίων, συγκριτική επίδοση των επιλογών σε κάθε κριτήριο) συντίθενται σε ένα τελικό διάνυσμα προτεραιοτήτων, που προσδιορίζει τη διάταξη των επιλογών του προβλήματος. Αναλυτικότερα, κάθε πίνακας συγκριτικής αξιολόγησης μιας επίπτωσης σε σχέση με όλες τις δυνατές επιλογές του προβλήματος μπορεί να αναχθεί σε ένα διάνυσμα προτεραιότητας. Το διάνυσμα αυτό αναφέρεται στη διάταξη των δυνατών επιλογών ως προς το συγκεκριμένο στοιχείο. Στη συνέχεια, κατασκευάζεται ο πίνακας $n \times m$ όπου κάθε στήλη αντιστοιχεί στο διάνυσμα προτεραιότητας του αντίστοιχου στοιχείου. Πολλαπλασιάζοντας τον πίνακα με το διάνυσμα προτεραιότητας, το οποίο αντιστοιχεί στο συνιστάμενο στοιχείο των στοιχείων, προκύπτει το διάνυσμα προτεραιότητας για το συγκεκριμένο στοιχείο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το ανώτατο επίπεδο της ιεραρχίας, οπότε και παράγεται το τελικό διάνυσμα προτεραιότητας των επιλογών.

Έτσι, οι τοπικές προτεραιότητες συντίθενται (σταθμισμένο άθροισμα) και οδηγούν στη βαθμολογία κάθε εναλλακτικής. Για την αποφυγή ασυνέπειας, υιοθετείται ένας δείκτης συνέπειας των εκτιμήσεων, ο οποίος για κάθε πίνακα συγκρίσεων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει κάποιο όριο. Ο δείκτης αυτός βασίζεται στη μέγιστη ιδιοτιμή $\lambda_{\max}$ του αντίστοιχου πίνακα και συγκεκριμένα στην έκφραση απόκλισης $(\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, η τιμή της οποίας συγκρίνεται με τυχαίους δείκτες. Ο δείκτης ασυνέπειας πρέπει να είναι χαμηλότερος από τον αριθμό 0.10. Λάβετε υπόψη ότι μεγαλύτερες τιμές μπορούν να γίνουν αποδεκτές. Αν υπάρχει μια υψηλότερη τιμή του δείκτη ασυνέπειας οφείλεται στην μεγάλη διαφορά του μεγέθους των τιμών των κριτηρίων μεταξύ τους επομένως με μία βελτίωση της ενέργεια που επηρεάζει τα εν λόγω μεγάλου μεγέθους κριτήρια να βελτιώσει το μέγεθος του δείκτη ασυνέπειας.

2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων βασίζεται, στο άρθρο 3 της Οδηγίας 2010/31/EK [19], για την ενεργειακή απόδοση όπου καλούνται τα κράτη μέλη να θεσπίσουν και να εφαρμόσουν μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, στη βάση του γενικού πλαισίου του Παραρτήματος I της αναφερόμενης Οδηγίας 2010/31/EK [19]. Για το σκοπό αυτό, έχει αναπτυχθεί η μέθοδος υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (MYEAK). Στην MYEAK έχουν καθοριστεί στη βάση των πρότυπων που έχει εκδώσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης. Μέσω της MYEAK η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται προκειμένου να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση ενός κτιρίου και περιλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου, ώστε να διατηρηθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας του κτιρίου και οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης. Η MYEAK λαμβάνει υπόψη τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης και είναι συνεπής προς την ισχύουσα Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, περιλαμβανομένης της Οδηγίας 2009/28/EK [12], σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και οποιαδήποτε τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/EK [133] και 2003/30/EK [134].

Η MYEAK συμμορφώνεται με τα τυποποιημένα έγγραφα της CEN «CEN PG-N37» [135], τα οποία περιλαμβάνουν τα σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας 2010/31/EK πρότυπα. Συγκεκριμένα, το πρότυπο της CEN «EN ISO 13790» [136], το οποίο περιλαμβάνεται στα πιο πάνω έγγραφα, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε σχέση με την ενέργεια που απαιτείται για την θέρμανση και ψύξη των χώρων του κτιρίου.

2.3 Λογισμικό ενεργειακής κατάταξης κτιρίων i-SBEM-cy

Το i-SBEMcy, χρησιμοποιείται ως το λογισμικό εργαλείο εφαρμογής της MYEAK, εκτελεί τους υπολογισμούς με τον τρόπο που περιγράφεται. Αρχικά το i-SBEMcy παίρνει τιμές εισαγωγής από το χρήστη του λογισμικού και τις διάφορες βάσεις δεδομένων και

υπολογίζει την πρωτογενή ενέργεια του πραγματικού κτιρίου. Συγκεκριμένα κάποιες από τις τιμές εισαγωγής είναι τυποποιημένες για να επιτραπεί η ομοιόμορφη σύγκριση για σκοπούς ενεργειακής κατάταξης των νέων και των υφιστάμενων κτιρίων. Στην συνέχεια το i-SBEMcy υπολογίζει τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε χώρου στο κτίριο ανάλογα με τη δραστηριότητα που διεξάγεται μέσα σε αυτό. Σαφώς οι διάφορες δραστηριότητες έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες άνεσης, διαφορετικές περιόδους λειτουργίας, επίπεδα φωτισμού. Συνολικά το i-SBEMcy υπολογίζει τις ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και τη ψύξη πραγματοποιώντας το ενεργειακό ισοζυγίου του κτιρίου στη βάση των μηνιαίων μέσων κλιματολογικών συνθηκών και αυτό συνδυάζεται με τις πληροφορίες για την ενεργειακή απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης προκειμένου να καθοριστεί η τελική καταναλισκόμενη ενέργεια. Επιπροσθέτως, υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργεια που χρησιμοποιείται για το φωτισμό και το ζεστό νερό χρήσης. Μιας και έχουν εισαχθεί όλα τα δεδομένα από την διεπαφή αλληλεπίδρασης τότε η μηχανή υπολογισμού του λογισμικού i-SBEMcy:

- Υπολογίζει την απαιτούμενη ενέργεια για φωτισμό σε τυποποιημένη βάση, λαμβάνοντας υπόψη το εμβαδόν των υαλοπινάκων, τη σκίαση, την πηγή φωτός και τα συστήματα ελέγχου φωτισμού
- Καθορίζει τυποποιημένα κέρδη θερμότητας και υγρασίας για κάθε περιοχή δραστηριότητας, που προέρχονται από τη βάση δεδομένων.
- Υπολογίζει τις ενεργειακές ροές θερμότητας μεταξύ της κάθε περιοχής δραστηριότητας και του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν αυτά συνορεύουν μεταξύ τους, με τη χρήση των τυποποιημένων αλγορίθμων CEN.
- Εφαρμόζει κατάλληλες αποδόσεις στα συστήματα HVAC έτσι ώστε να υπολογιστεί η τελική ενέργεια για την διατήρηση των θερμικών συνθηκών.
- Αθροίζει την τελική ενέργεια με βάση το καύσιμο, και τη μετατρέπει σε πρωτογενή ενέργεια.
- Καθορίζει, στην ίδια βάση, την πρωτογενή ενέργεια του κτιρίου αναφοράς, το οποίο έχει την ίδια γεωμετρία, χρήση, θερμικά κέρδη, θερμοκρασίες άνεσης, επίπεδα φωτισμού, συνθήκες αερισμού και κλιματικές συνθήκες με το πραγματικό κτίριο, ενώ τα υλικά κατασκευής των δομικών στοιχείων του κτιρίου, τα συστήματα HVAC και ο τύπος συστήματος φωτισμού καθορίζονται από το Υπουργείο Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.

- Υπολογίζει, με βάση την πρωτογενή ενέργεια τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το πραγματικό κτίριο και το κτίριο αναφοράς

Στην συνέχεια οι υπολογισμοί παραδίδονται στην ενότητα ελέγχου συμμόρφωσης, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η αξιολόγηση, ως ακολούθως:

- Γίνεται σύγκριση μεταξύ της πρωτογενούς ενέργειας του πραγματικού κτιρίου και του κτιρίου αναφοράς για το καθορισμό της ενεργειακής κατηγορίας με βάση την απόδοση του πραγματικού κτιρίου.
- Γίνεται έλεγχος συμμόρφωσης με συγκεκριμένες παραμέτρους που λήφθηκαν από τα δεδομένα εισαγωγής στη διεπαφή αλληλεπίδρασης.

Οι τελικές εκθέσεις ετοιμάζονται σε τυποποιημένη μορφή για να παρέχουν:

- Σύγκριση της πρωτογενούς ενέργειας μεταξύ του πραγματικού κτιρίου και του κτιρίου αναφοράς.
- Επιβεβαίωση συμμόρφωσης των δομικών στοιχείων που συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου

Στην συνέχεια ενδιάμεσα αποτελέσματα που παράγονται από το i-SBEMcy είναι διαθέσιμα σε ηλεκτρονική μορφή ώστε να είναι εφικτό να διεξαχθούν διαγνωστικοί έλεγχοι στο πραγματικό κτίριο όπως:

- Δεδομένα πραγματικού κτιρίου (για να επιβεβαιωθούν τα δεδομένα εισαγωγής που συνδέονται με τα αποτελέσματα).
- Μηνιαία απεικόνιση της κατανάλωσης ενέργειας για κάθε τύπο τελικής χρήσης και τύπο καυσίμων.
- Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ορυκτών καυσίμων, και προκύπτουσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Σχετικά με το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργειακή κατάταξη των υφιστάμενων κτιρίων είναι πρόγραμμα το οποίο παρέχεται από το κράτος και χρησιμοποιείται για την ενεργειακή κατάταξη του κτιριακού του αποθέματος. Το λογισμικό συμμορφώνεται με του κτιριακούς κανονισμούς δόμησης της Κυπριακής Δημοκρατίας όσο αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από οικιακά ή μη οικιακά κτίρια. Ο σκοπός του λογισμικού είναι να παράγει συνεπείς και αξιόπιστες αξιολογήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης οικιακών ή μη οικιακών κτιρίων.

Αν και το λογισμικό μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία σχεδιασμού, δεν είναι λογισμικό για να χρησιμοποιείται ως εργαλείο κυρίως σχεδιασμού, δηλαδή δεν είναι εφικτό να υπολογίζονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες του κτιρίου. Επομένως το λογισμικό i-SBEM-cy χρησιμοποιείται ως λογισμικό ακολουθώντας μια διαδικασία συμμόρφωσης και ενεργειακή κατάταξης και όχι σαν εργαλείο ενεργειακού σχεδιασμού. Δηλαδή εάν η ενεργειακή απόδοση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού είναι κρίσιμης σημασίας για τη σχεδίαση, ακόμη και αν μπορεί να αναπαρασταθεί στο i-SBEM-cy, είναι συνετό να χρησιμοποιείτε ένα καταλληλότερο εργαλείο μοντελοποίησης για αυτούς τους σχεδιαστικούς σκοπούς.

Η πιο πρόσφατη έκδοση τη στιγμή της σύνταξης είναι η iSBEMcy_V3_4a, η οποία είναι διαθέσιμη ως λήψη από τον ιστότοπο του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου και Βιομηχανίας [137].

2.4 Λογισμικό Υπολογισμού Φέρουσας Ικανότητας

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης έρευνας και για τις ανάγκες του μοντέλου αξιολόγησης, έγινε χρήση του λογισμικού STAAD.PRO [138].

Η αποτίμηση της φέρουσας κατασκευής είναι σημαντικό μέρος στα στάδια της προτεινόμενης μεθοδολογίας εφόσον με την αποτίμηση εκτιμάται η παράμετρος του πραγματικού εναπομείναντα χρόνου λειτουργίας του κτιρίου. Ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος της κατασκευής είναι ο χρόνος λειτουργίας του υφιστάμενου κτιρίου και από αυτόν υπολογίζεται ο εναπομείναντας προσδόκιμος χρόνος ζωής της δομικής κατασκευής θεωρώντας ότι ο συνολικός χρόνος για κατοικίες είναι 50 χρόνια. Είναι πολύ σημαντικό πριν από οποιαδήποτε ενεργειακή επέμβαση στο κτίριο ο μελετητής να γνωρίζει την κατάσταση του δομικού συστήματος της υφιστάμενης κατασκευής μέσω της αποτίμησης. Η παράμετρος του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής είναι διαφορετική από τις άλλες παραμέτρους του περιβαλλοντικού και του οικονομικού αποτυπώματος και οι μονάδες της παραμέτρου μετρούνται σε έτη. Στη μεθοδολογία η παράμετρος του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής επηρεάζει το αποτέλεσμα στους τελικούς δείκτες κατάταξης, εφόσον όσο μικρότερος είναι ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής τόσο μικρότερος θα είναι και ο εναπομείναντας χρόνος ζωής του κτιρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι εάν πρόκειται για κράτος εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης, η μελέτη για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της δομικής κατασκευής ως προς την στατική/αντισεισμική

επάρκεια και στον επαναπροσδιορισμό του προσδόκιμου χρόνου ζωής, θα πρέπει να βασίζεται στις διατάξεις των Ευρωκωδίκων ή άλλων σχετικών κανονισμών. Στα πλαίσια της μεθοδολογίας και με βάση τη δηλωμένη ημερομηνία κατασκευής του υφιστάμενου κτιρίου γίνεται εκτίμηση του προσδόκιμου χρόνου ζωής. Επιπλέον, επιβεβαίωση των στοιχείων της φέρουσας ικανότητας γίνεται επιτόπου και με βάση τα δομικά γεωμετρικά στοιχεία του υφιστάμενου κτιρίου, καθώς και με βάση τους κανονισμούς που εφαρμόζονταν κατά την μελέτη και κατασκευή του κτιρίου.

Συμπληρωματικά, αναλόγως των επεμβάσεων που θα χρησιμοποιηθούν για την ενδεχόμενη αποκατάσταση ή την ενίσχυση του φέροντα οργανισμού της κατασκευής αυτό επηρεάζει της ποσότητες των δομικών υλικών και το συνολικό κόστος και αποτύπωμα του κτιρίου.

2.5 Βάσεις δεδομένων περιβαλλοντικού αποτυπώματος

Για τις ανάγκες της μεθοδολογίας και του μοντέλου αξιολόγησης ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ενεργειών βασίστηκε κυρίως σε διεθνή βιβλιογραφία. Ο υπολογισμός των δεδομένων του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ του κτιρίου μπορεί να βασιστεί και στις πιο κάτω βάσεις δεδομένων όπου χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του κύκλου ζωής σε παγκόσμια κλίμακα και συνέχεια αναβαθμίζονται. Κάποιες από αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Swedish SPINE@CPM database [82],
- German PROBAS database [83],
- Japanese JEMAI database [84-85],
- US NREL database [86],
- Australian LCI database [87],
- Swiss ecoinvent database [88],
- European Reference Life Cycle Database (ELCD) [89].

2.6 Ορισμός του σκοπού και του στόχου μοντέλου αξιολόγησης

Ο σκοπός του μοντέλου αξιολόγησης, είναι η ανάλυση ενεργειακών και αντισεισμικών αναβαθμίσεων σε υφιστάμενα κτίρια, με στόχο να επιλεγεί η βέλτιστη προσέγγιση επέμβασης στα κτίρια. Το κριτήριο επιλογής ως βέλτιστη επιλογή, είναι το ελάχιστο

περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Στόχος είναι η εξέταση των διαφόρων επεμβάσεων, όπου για το πλαίσιο εφαρμογής του μοντέλου αξιολόγησης ταξινομούνται σε τρεις συνασπισμούς σεναρίων. Η πρώτη παράταξη επεμβάσεων ορίστηκε ως συνασπισμός Α και εκφράζει την ιδεολογία ότι η εφαρμογή καμίας επέμβασης στο υφιστάμενο κτίριο είναι η ενεργειακά φιλική προς το περιβάλλον. Η άποψη καμίας παρέμβασης στο υφιστάμενο κτίριο, βασίζεται στην ιδεολογία ότι γίνεται εξοικονόμηση χρήσης οποιασδήποτε ενέργειας λόγω της μη εκτέλεσης καμίας ενέργεια επέμβασης. Η κίνηση εκτέλεσης καμίας πράξης στο υφιστάμενο κτίριο ενδεχομένως να είναι η φθηνότερη, εναλλακτική, ήπια, καθαρή και άμεσα διαθέσιμη διενέργεια για την αντιμετώπιση των σύγχρονων οικονομικών και περιβαλλοντικών αναγκών. Η δεύτερη παράταξη, αφορά το συνασπισμό των επεμβάσεων για μόνο ενεργειακής αναβάθμιση σε υφιστάμενα κτίρια με στόχο την μετατροπή τους σε κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Και η τρίτη παράταξη, αφορά τον συνασπισμό της ταυτόχρονης επέμβασης ενεργειακής αναβάθμισης και στατικής/αντισεισμικής αναβάθμισης σε υφιστάμενα κτίρια με αποτέλεσμα και την ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής τους και την μετατροπή τους σε κτίρια με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση.

Αναλυτικότερα οι Συνασπισμοί Σεναρίων επέμβασης είναι οι ακόλουθοι:

- Συνασπισμός Επέμβασης Α (Κτίριο Αναφοράς): Υφιστάμενο κτίριο το οποίο είναι σε λειτουργία και στο οποίο ο χρήστης επιλέγει να μην γίνει καμία ενεργειακή ή στατική/αντισεισμική αναβάθμιση. Συνολικός χρόνος ζωής λειτουργίας του κτιρίου είναι ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου.
- Συνασπισμός Επέμβασης Β: Υφιστάμενο κτίριο το οποίο είναι σε λειτουργία και στο οποίο ο χρήστης επιλέγει να γίνει μόνο ενεργειακή αναβάθμιση. Συνολικός χρόνος ζωής λειτουργίας του κτιρίου είναι ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου.
- Συνασπισμός Επέμβασης Γ: Υφιστάμενο κτίριο το οποίο είναι σε λειτουργία και στο οποίο ο χρήστης επιλέγει να γίνει ενεργειακή και στατική/αντισεισμική αναβάθμιση. Συνολικός χρόνος ζωής λειτουργίας του κτιρίου είναι η υφιστάμενη ηλικία του κτιρίου πριν να γίνει η επέμβαση προσθέτοντας και τον ανανεωμένο πλέον αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του υφιστάμενου κτιρίου.

2.7 Ορισμός κριτηρίων αξιολόγησης.

Στα πλαίσια της μεθοδολογίας έγινε επιλογή των κριτηρίων για τα αναφερόμενα σενάρια επέμβασης η οποία είναι προϊόν συμμετοχικής διαδικασίας των κριτηρίων για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος. Για την επιλογή των κριτηρίων ακολουθήθηκαν οι πιο κάτω παραδοχές:

- Πληρότητα: έγινε προσπάθεια να καλύπτονται όλα τα βασικά σημεία του προβλήματος
- Λειτουργικότητα: έγινε προσπάθεια να μπορούν να χρησιμοποιηθούν κριτήρια και ενέργειες που θα είναι διαθέσιμες σε λογισμικό (π.χ. ISBEM-CY) που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό τους.
- Χρησιμότητα: έγινε προσπάθεια να μην υπάρχουν περιττά κριτήρια, ούτε να εμπεριέχεται ένα κριτήριο μέσα σε ένα άλλο κριτήριο.
- Απλότητα: έγινε η προσπάθεια οι διαστάσεις του προβλήματος να απλοποιηθούν στον ελάχιστο αριθμών κριτηρίων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την επιλογή των κριτηρίων δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή της ύπαρξης αμοιβαίας εξάρτησης δύο κριτηρίων. Αυτό συμβαίνει όταν σε ένα κριτήριο συνυπάρχει μέρος ενός άλλου κριτηρίου, υποδηλώνοντας ότι υπάρχει εξάρτηση των δυο κριτηρίων. Στην παρούσα μελέτη, υπό προϋποθέσεις και όπου ήταν εφικτό υιοθετήθηκε ο συνδυασμός δύο εξαρτώμενων κριτηρίων σε ένα. Με βάση την αναφερόμενη δήλωση πιθανώς να τίθεται το ερώτημα κατά πόσο τα κριτήρια του συμπλέγματος κόστους θα μπορούσαν να λογίζονται ως εξαρτώμενα από τα κριτήρια του συμπλέγματος περιβάλλοντος. Η απάντηση δίνεται από το γεγονός ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση τα κριτήρια του περιβαλλοντικού κόστους είναι ανεξάρτητα, εφόσον οι τιμές μονάδας του αποτυπώματος CO₂ δεν εξαρτώνται από το κόστος της κατασκευής και πώλησης του κάθε υλικού. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι τιμές του κόστους κάθε υλικού τροποποιούνται με βάση άλλες παραμέτρους π.χ. πληθωρισμό, και άλλα. Επομένως η πολυκριτηριακή ανάλυση εφαρμόζεται για δύο ομάδες κριτηρίων. Η σύγκριση των κριτηρίων ανά ζεύγος γίνεται σε σχέση με το ποσοστό της τιμής του ενός συγκρίσιμου κριτηρίου ως προς το άλλο συγκρίσιμο κριτήριο του ζεύγους ανά ομάδα/σύμπλεγμα κριτηρίων.

Τα Συμπλέγματα κριτηρίων (Criterium Clusters) είναι τα ακόλουθα:

- α. Σύμπλεγμα περιβαλλοντικών κριτηρίων Footprint CO₂ (Environmental)-(G.B.G.C) Index ■.

Περιλαμβάνει τις πιο κάτω ομάδες κριτηρίων:

1. Ενεργειακή Κατανάλωση/Energy Consumption  .
2. Ενσωματωμένη Ενέργεια/Embodied Energy  .
3. Παθητική Θερμομόνωση/Passive Thermal Insulation  .
4. Ανανεώσιμες Ενέργειες/Renewable Energy  .

b. Σύμπλεγμα οικονομικών κριτηρίων Cost (€) (Financial)–(B.B.I) Index  .

Περιλαμβάνει τις πιο κάτω ομάδες κριτηρίων:

1. Ενεργειακή Κατανάλωση/Energy Consumption  .
2. Ενσωματωμένη Ενέργεια/Embodied Energy  .
3. Παθητική Θερμομόνωση/Passive Thermal Insulation  .
4. Ανανεώσιμες Ενέργειες/Renewable Energy  .

Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Περιβαλλοντικά/Environmental:
 - Υφιστάμενο αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την Ενεργειακή Κατανάλωση του κτιρίου/Existing Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - EECF
 - Υφιστάμενο αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα της δομικής κατασκευής του κτιρίου/Existing Structure Footprint CO₂ (tons) - ESF
 - Υφιστάμενο αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την συντήρηση του κτιρίου/Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) - EBSMF
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την κατεδάφιση του υφιστάμενο κτιρίου/ Existing Demolition Footprint CO₂ (tons) - EDF
 - Μεταγενέστερο αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την Ενεργειακή Κατανάλωση του κτιρίου/Subsequently Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - SECF
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου/Energy Label Upgrade Footprint CO₂ (tons) - ELUF
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την στατική/αντισεισμική αναβάθμιση του κτιρίου/Structural Upgrade Footprint CO₂ (tons) - SUF
 - Μεταγενέστερο αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την συντήρηση του κτιρίου/Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) - SBSMF
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την κατεδάφιση του αναβαθμισμένου κτιρίου/ Subsequently Demolition Footprint CO₂ (tons) - SDF
- Οικονομικά/Financial:

- Υφιστάμενο κόστος από την Ενεργειακή Κατανάλωση του κτιρίου/Existing Energy Consumption Cost (€) - EEC
- Οικονομικό κόστος του υφιστάμενου του κτιρίου/Existing Structure Cost (€) - ESC
- Οικονομικό αποτύπωμα από την κατεδάφιση του υφιστάμενου κτιρίου/ Existing Demolition Cost (€) - EDC
- Μεταγενέστερο κόστος από την Ενεργειακή Κατανάλωση του κτιρίου/Subsequently Energy Consumption Cost (€) - SECC
- Αποτύπωμα οικονομικού κόστους από την στατική/αντισεισμική αναβάθμιση του κτιρίου/Structural Upgrade Cost (€) - SUC
- Αποτύπωμα οικονομικού κόστους από την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου/Energy Label Upgrade Cost (€) - ELUC
- Οικονομικό αποτύπωμα από την κατεδάφιση του αναβαθμισμένου κτιρίου/ Subsequently Demolition Cost (€) - SDC

Τα πιο κάτω κριτήρια δεν λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα μεθοδολογία

- Οικονομικό αποτύπωμα από την συντήρηση του αναβαθμισμένου κτιρίου/Subsequently Building and Structure Maintenance Cost (€) – SBSMC
- Οικονομικό αποτύπωμα του Υφιστάμενου κτιρίου από την συντήρηση του κτιρίου/Existing Building and Structure Maintenance Cost (€) – EBSMC
- Βιωσιμότητα/ Sustainability
 - Αρχικός Προσδόκιμος Χρόνος ζωής (Years)/Initial Life expectancy (Years)
 - Τελικός Προσδόκιμος Χρόνος Ζωής (Years)/ Final Life expectancy (Years)

2.8 Ορισμός ενεργειών επιρροής κριτηρίων αξιολόγησης.

Στα πλαίσια της μεθοδολογίας επιλέχθηκαν οι ενέργειες που επηρεάζουν τα αναφερόμενα κριτήρια επιλογής και είναι οι ακόλουθες (actions):

- Περιβαλλοντικές/Environmental:
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την ψύξη του κτιρίου/Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από το σκυρόδεμα του κτιρίου/Concrete Footprint CO₂ (tons)
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την θέρμανση/Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τον φωτισμό/Lights Footprint CO₂ (tons)
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τον /Steel Footprint CO₂ (tons)
 - Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τα ανοίγματα/ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)

- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από το ζεστό νερό/Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την τοιχοποιία/ Masonry Walls CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την θερμομόνωση της τοιχοποιίας/ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την θερμομόνωση της οροφής/Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τον αερισμό του κτιρίου/Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από την ξυλεία του κτιρίου/Timber Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του κτιρίου/Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)
- Αποτύπωμα Διοξειδίου του Άνθρακα από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του κτιρίου/Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Οικονομικά/Financial:
 - Αποτύπωμα κόστους από την ψύξη του κτιρίου/Cooling Consumption Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από το σκυρόδεμα του κτιρίου/Concrete Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από την θέρμανση του κτιρίου/Heating Consumption Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τον φωτισμό του κτιρίου/Lights Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τον οπλισμό του κτιρίου/Steel Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τα ανοίγματα του κτιρίου/Windows/Doors Footprint Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τη χρήση ζεστού νερού του κτιρίου/Hot Water Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από την τοιχοποιία του κτιρίου/Masonry Walls Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από την θερμομόνωση της τοιχοποιίας του κτιρίου/Wall Insulation Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από την θερμομόνωση της οροφής του κτιρίου/Roof Insulation Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τον αερισμό του κτιρίου/Air Ventilation Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από την ξυλεία του κτιρίου/Timber Footprint Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του κτιρίου/Renewable Energy Cost (€)
 - Αποτύπωμα κόστους από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του κτιρίου/Electrical Appliances Consumption Cost (€)

Οι κατηγορίες ενεργειών είναι οι πιο κάτω:

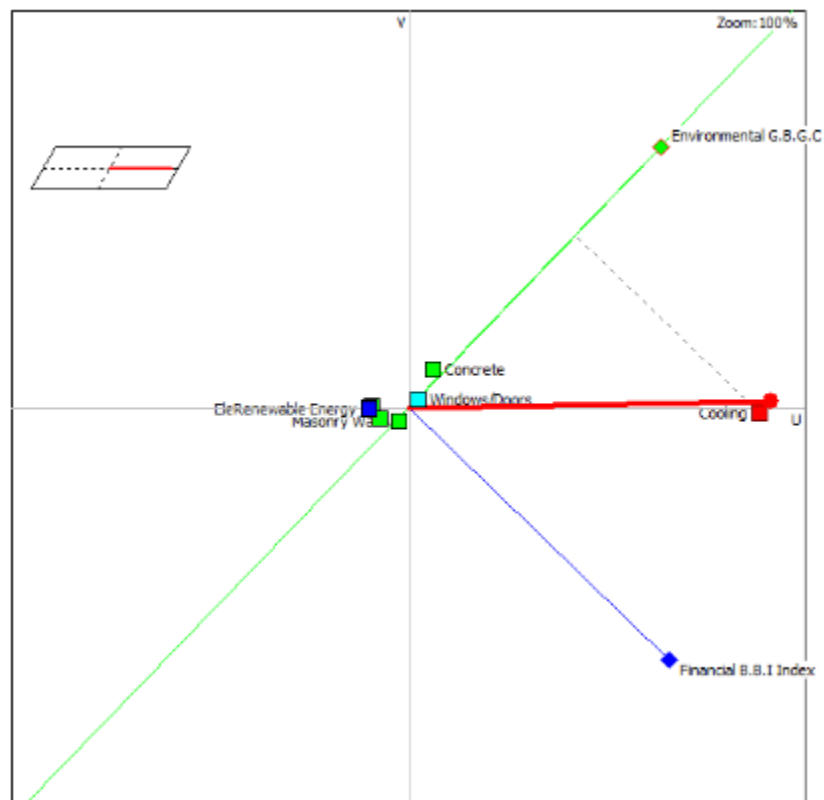
- Ενεργειακή Κατανάλωση/Energy Consumption
- Ενσωματωμένη Ενέργεια/Embodied Energy
- Παθητική Θερμομόνωση/Passive Thermal Insulation
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας/Renewable Energy

2.9 Ορισμός ανάλυσης ευαισθησίας στο μοντέλο αξιολόγησης.

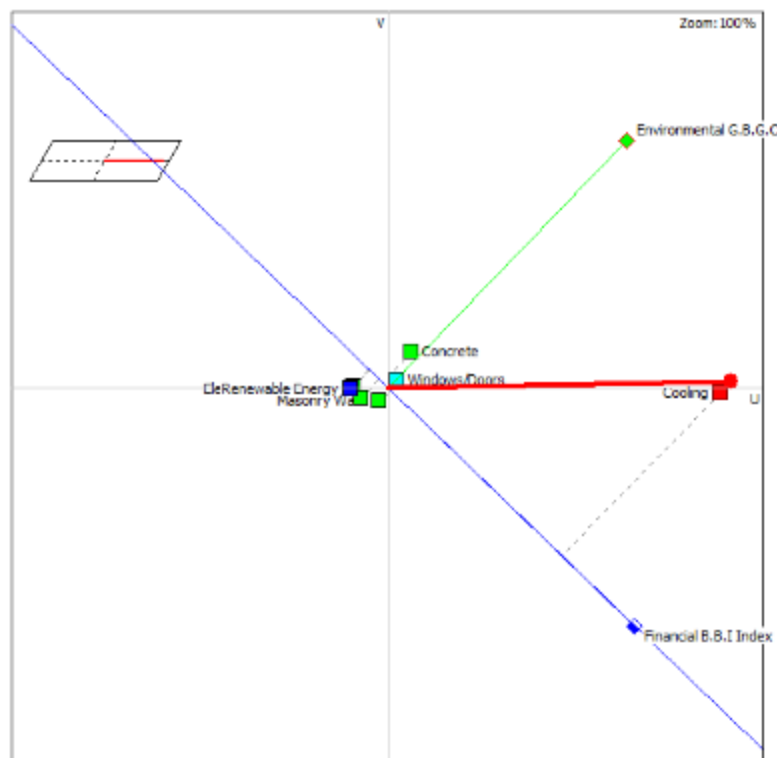
Με βάση τη προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης των επεμβάσεων αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων, το μοντέλο αξιολόγησης λαμβάνει υπόψη τα περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια. Επομένως μέσω μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας (Visual Promethee) [132], εφαρμογής της πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης στο μοντέλο αξιολόγησης ο χρήστης μπορεί να την μεταχειριστεί, για τον εντοπισμό των ενεργειών, με το μεγαλύτερο βαθμό επιρροής και με την τροποποίηση των εν λόγω ενεργειών, να οδηγηθεί στην εξεύρεση της βέλτιστης λύσης επέμβασης αναβάθμισης του υφιστάμενου κτιρίου. Η μεθοδολογία βασίζεται στην σύγκριση και στην βελτιστοποίηση των προτεινόμενων ενεργειών (actions) και κριτηρίων (criteria) μετά από ποσοτικοποίηση των κριτηρίων και του βαθμού βαρύτητας για το κάθε κριτήριο. Σε συνέχεια της ανάλυσης ευαισθησίας, μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας εντοπίζεται ο βαθμός επηρεασμού της κάθε ενέργειας, για το κάθε προτεινόμενο σενάριο επέμβασης και με προτεινόμενες τροποποιήσεις μπορεί να βελτιστοποιηθεί το αποτέλεσμα.

Ειδικότερα, ο χρήστης θα μπορεί να οδηγηθεί σε βελτιστοποίηση του κάθε σεναρίου μέσω του εργαλείου GAIA [139] της ηλεκτρονικής πλατφόρμας, όπως διατυπώνεται στο Διάγραμμα 6. Με βάση τα εργαλεία της ηλεκτρονικής πλατφόρμας, στο Διάγραμμα 6 αποτυπώνονται οι ενέργειες που κυριαρχούν στο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα του σεναρίου. Στο Διάγραμμα 6 και Διάγραμμα 7, παρουσιάζεται το μέγεθος του επηρεασμού της κάθε ενέργειας ως προς τον άξονα του κάθε δείκτη, δηλαδή είτε προς τον άξονα του συμπλέγματος των περιβαλλοντικών κριτηρίων, ήτοι ο άξονας με πράσινο χρώμα στο Διάγραμμα 7, είτε προς τον άξονα του συμπλέγματος των οικονομικών κριτηρίων, ήτοι ο άξονας με μπλε χρώμα στο Διάγραμμα 7. Σαν παράδειγμα, από τα πιο κάτω διαγράμματα εμφανίζεται ότι η ενέργεια της ψύξης (cooling) είναι η πιο ασύμφορη οικονομικά και δυσμενέστερη περιβαλλοντικά. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα της σύγκρισης της κάθε ενέργειας και ως προς τον τελικό άξονα

απόφασης, ήτοι τον άξονα με κόκκινο χρώμα στο Διάγραμμα 6 και 7. Η τιμή της κάθε ενέργειας προκύπτει από την κάθετη προβολή της, προς τον ζητούμενο άξονα. Πιο συγκεκριμένα, όπως εμφανίζεται στο πιο κάτω Διάγραμμα 6, η απόσταση από την τομή των αξόνων U-V μέχρι το σημείο της κάθετης προβολής της ενέργειας για την ψύξη (cooling) είναι ο βαθμός επηρεασμού του αποτελέσματος της εν λόγω ενέργειας ως προς τις άλλες ενέργειες. Στο διάγραμμα 6 η ενέργεια της ψύξης (cooling) εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσον αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Στα πιο κάτω Διαγράμματα 6 και 7 εμφανίζεται ο βαθμός επηρεασμού για όλες τις ενέργειες, όπου αυτές που είναι δεξιά της τομής των αξόνων U-V έχουν θετικές τιμές και αυτές που είναι αριστερά έχουν αρνητικές τιμές.



Διάγραμμα 6: Αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.



Διάγραμμα 7: Αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Στα Διαγράμματα 6 και 7, εμφανίζονται οι δυο δείκτες (άξονες) για τις δυο ομάδες των κριτηρίων και ο άξονας απόφασης που είναι η κόκκινη γραμμή. Δηλαδή, για κάθε περίπτωση η ενέργεια που θα βρίσκεται πλησιέστερα στον άξονα απόφασης θα πρέπει να ερευνάται εάν υπάρχει κάποιο αποδοτικότερο ή οικονομικότερο μηχανολογικό ή δομικό σύστημα για να βελτιστοποιείται το σενάριο επέμβασης. Εάν υπάρχει κάποιο σύστημα τότε θα επαναλαμβάνεται η διαδικασία με ένα νέο σενάριο για τους συνασπισμούς σεναρίων που επηρεάζει. Για τα νέα σενάρια, αναλόγως εάν η ενέργεια επηρεάζει και τον συνασπισμό σεναρίων Β και το συνασπισμό σεναρίων Γ, η ανάλυση ευαισθησίας μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης θα μας υποδείξει με βάση τα νέα δεδομένα ποια ενέργεια είναι στην κορυφή της κατάταξης και ενδεχομένως να μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω. Όταν εντοπιστούν οι ενέργειες που κυριαρχούν, ο μελετητής επαναλαμβάνει τα στάδια 3_{α} , 3_{β} , 4 και 5 της μεθοδολογίας.

Στο στάδιο αυτό ο Πίνακας 5 παρουσιάζει την πλήρη κατάταξη της μεθόδου Promethee, η οποία αφορά τις τιμές εξερχόμενης και εισερχόμενης ροής της κάθε ενέργειας. Οι τιμές της στήλης Φ^+ αποτυπώνουν την εξερχόμενη ροή και έχουν θετικό πρόσημο, και οι τιμές της στήλης Φ^- αποτυπώνουν την εισερχόμενη ροή και έχουν αρνητικό πρόσημο.

Η στήλη Phi αποτελεί το άθροισμα των δύο στηλών Phi+ και Phi- της κάθε ενέργειας και η ενέργεια παίρνει την τελική τιμή και το πρόσημο που υπερισχύει και είναι η τελική τιμή κατάταξης της κάθε ενέργειας.

Πίνακας 5: Πίνακας τελικής κατάταξης των ενεργειών ενός Σεναρίου.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,6922	0,7132	0,0210
2	Concrete	■	0,0227	0,0820	0,0593
3	Windows/Doors	■	0,0144	0,0744	0,0600
4	Masonry Walls	■	-0,0053	0,0560	0,0613
5	Timber	■	-0,0471	0,0193	0,0665
6	Steel	■	-0,0706	0,0000	0,0706
7	Roof Insulation	■	-0,0752	0,0000	0,0752
8	Heating	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Hot Water	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Lights	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Air Ventilation	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Electricals Appliances	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Wall Insulation	■	-0,0759	0,0000	0,0759
8	Renewable Energy	■	-0,0759	0,0000	0,0759

Η διαδικασία οδηγείται σταδιακά, σε ένα σημείο πέραν του οποίου, δεν θα είναι εφικτή η περαιτέρω βελτίωση. Για παράδειγμα στο Διάγραμμα 7, η ενέργεια της ψύξης (cooling) μπορεί να μην είναι εφικτό να βελτιστοποιηθεί επιπλέον έστω και αν έχουν χρησιμοποιηθεί κλιματιστικά με πάρα πολύ μεγάλο συντελεστή COP, και τελικά πάλι η ενέργεια της ψύξης να κυριαρχεί έναντι των άλλων ενεργειών. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας ψύξης αφορά την κατανάλωση του υφιστάμενου κτιρίου πριν την επέμβαση αναβάθμιση, η οποία δεν μπορεί να τροποποιηθεί εφόσον έχει παρέλθει.

Γραφικά εύκολα εντοπίζεται από τον μελετητή ότι, όσο πιο μακριά είναι το spot της κάθε ενέργειας από τον άξονα απόφασης, τόσο πιο αρνητικές τιμές θα λαμβάνει η στήλη Phi.

2.10 Ορισμός Δεικτών κατάταξης Συνασπισμών/Σεναρίων Επέμβασης.

Στα πλαίσια του μοντέλου αξιολόγησης η κατάταξη των συνασπισμών και των σεναρίων επέμβασης γίνεται από το συνολικό αποτύπωμα του κάθε σεναρίου επέμβασης, σε σχέση με τον τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής της κατασκευής. Το πηλίκο του συνολικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του οικονομικού αποτυπώματος με το τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του υφιστάμενου κτιρίου προσδιορίζει τους τελικούς προτεινόμενους δείκτες, οι οποίοι καθορίζουν την βέλτιστη λύση επέμβασης/αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου περιβαλλοντικά και οικονομικά. Οι προτεινόμενοι δείκτες απόφασης αφορούν τα δύο συμπλέγματα κριτηρίων και τον τελικό δείκτη κατάταξης και η τιμή τους ορίζεται ως εξής:

- I. Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) Index = Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in years)
- II. Blue Building Investment (B.B.I) Index = Final Life Cycle Total Cost (€)(euro)/ Final Life Structure Expectancy (in years)
- III. Decision Making Index (DMI) = Blue Building Investment(B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Οι πιο κάτω παραδοχές λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του οικονομικού αποτυπώματος του κτιρίου:

1. Στις τιμές του κόστους επένδυσης λαμβάνεται υπόψη και η παράμετρος του δείκτη τιμών κατασκευαστικών υλικών που ορίζεται από την στατιστική υπηρεσία του κάθε κράτους [140]. Κατά το χρόνο των εργασιών αποτύπωσης και καταγραφής του υφιστάμενου κτιρίου με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης τιμής, το κόστος των τιμών κατασκευής που λαμβάνονται υπόψη θα πολλαπλασιάζεται με τον δείκτη τιμών κατοικιών ανά τρίμηνο του προηγούμενου τριμήνου για το χρόνο που θα διαρκέσουν οι εργασίες.
2. Στο κόστος επιδιόρθωσης του φέροντα οργανισμού που δεν γίνεται αντισεισμική αναβάθμιση αλλά μόνο στατική και το υφιστάμενο κτίριο είναι σχεδιασμένο χωρίς αντισεισμικούς κώδικες τότε στο κόστος λαμβάνεται υπόψη το κόστος του συμβολαίου ασφάλισης του κτιρίου, το οποίο ανάλογα και του κόστους του υφιστάμενου κτιρίου το ασφάλιστρο είναι αυξημένο. Επομένως το κόστος ασφαλιστρού αθροίζεται στο συνολικό κόστος κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, το ασφάλιστρο είναι αυξημένο σε πιθανή επέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης χωρίς

στατική/αντισεισμική αναβάθμιση (ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής), και το συνολικό κόστος θα είναι το κόστος ασφαλιστρου ανά έτος για τα εναπομείναντα έτη του προσδόκιμου χρόνου ζωής του κτιρίου. Στο κόστος του ασφαλιστρου συμπεριλαμβάνεται και το ποσό του επιπλέον ποσού της απαίτησης (claim excess amount) που προνοούν τα συμβόλαια ασφάλισης.

3. Το κόστος της απώλειας ανθρώπινης ζωής για κάθε περιστατικό εκτιμάται στις €500.000 (Kappos AJ, Dimitrakopoulos EG (2008) [141]), και συμπεριλαμβάνεται στο κόστος του συμβολαίου ασφάλισης ζωής. Το κόστος ασφάλειας ζωής το οποίο ανάλογα του ασφαλιστρου και σχετικά με το σενάριο επέμβασης θα αθροίζεται στο κόστος κτιρίου. Το συνολικό κόστος θα είναι το κόστος ασφαλιστρου ανά έτος για τα εναπομείναντα έτη του προσδόκιμου χρόνου ζωής του κτιρίου.
4. Η αξία του ακινήτου εκτιμάται με τις τιμές που ισχύουν στην τρέχουσα αγορά αλλά χρησιμοποιώντας υλικά του ίδιου τύπου. Το συνολικό κόστος που υπολογίζεται για την κατασκευή της υφιστάμενης κατασκευής πολλαπλασιάζεται με τον Συντελεστή Παλαιότητας, δηλαδή τα χρόνια λειτουργίας του κτιρίου, με τον αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Το αποτέλεσμα είναι η αξία του ακινήτου στην τρέχουσα αγορά. Η ίδια τιμή χρησιμοποιείται και ως αξία για το ασφαλιστρο του κτιρίου έναντι του σεισμού. Σε περίπτωση καταστροφής του κτιρίου από σεισμό η ασφάλεια θα καλύψει το κόστος.

Παράδειγμα υπολογισμού αντικειμενικής αξίας κτιρίου: Κτίριο 100 τ.μ. ισόγειο με υπολογιζόμενη αξία κατασκευής στην τρέχουσα αγορά συνολικού κόστους €100.000, με προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια και υφιστάμενη ηλικία 25 χρονών.

$$€100.000 \times 25/50 \text{ (Συντελεστή Παλαιότητας)} = €100.000 \times 0.5 = €50.000$$

Αντικειμενική αξία: €50.000.

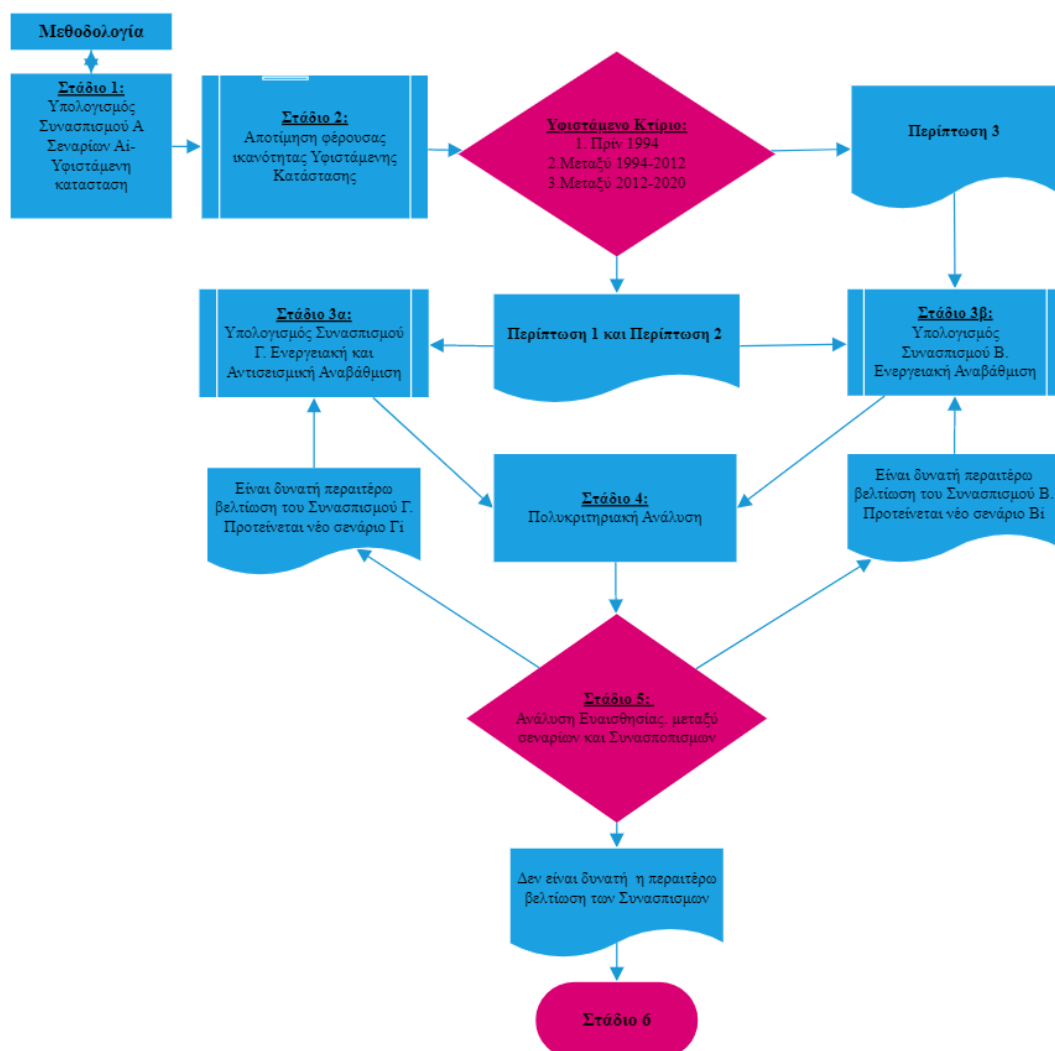
Οι πιο κάτω παραδοχές λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κτιρίου που εφαρμόζεται στο μοντέλο αξιολόγησης European Reference Life Cycle Database (ELCD) [89].

Στόχος της μεθοδολογίας λαμβάνοντας υπόψη τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι η προσέγγιση του υφιστάμενου κτιρίου με σκοπό την αποτίμηση των περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων του πριν από οποιαδήποτε επέμβαση. Ειδικότερα, η μεθοδολογία στοχεύει στη δημιουργία ενός μοντέλου αξιολόγησης των

διαφόρων σεναρίων προσέγγισης επέμβασης, σχετικά με την ενεργειακή και στατική/αντισεισμική αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων, με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης μορφής επέμβασης.

2.11 Λογικό διάγραμμα του μοντέλου αξιολόγησης

Στη παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το λογικό διάγραμμα του μοντέλου αξιολόγησης. Το λογικό Διάγραμμα 8 αποτυπώνει τη ροή εφαρμογής του μοντέλου αξιολόγησης και παρακάτω επεξηγούνται βήμα – βήμα, τα στάδια που ακολουθούνται για να εφαρμοστεί η προτεινόμενη μεθοδολογία.



Διάγραμμα 8: Λογικό διάγραμμα της μεθοδολογίας μοντέλου αξιολόγησης.

Με βάση το λογικό διάγραμμα 8 η μεθοδολογία αρχίζει με το στάδιο 1 του μοντέλου αξιολόγησης, το οποίο αφορά το υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο, στη συνέχεια ακολουθεί

το στάδιο 2, όπου ολοκληρώνεται η ενεργειακή αποτύπωση και η αποτύπωση της φέρουσας ικανότητας του υφιστάμενου κτιρίου. Ακολουθούν τα στάδια 3_α και 3_β που αφορούν προτεινόμενες επεμβάσεις αναβάθμισης στο υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο, λαμβάνοντας υπόψη τι απαιτείται από την υφιστάμενη νομοθεσία και κανονισμούς. Στα εν λόγω στάδια 3_α και 3_β, μπορεί να υπάρξει πλήθος σεναρίων επεμβάσεων αναβάθμισης για τον κάθε συνασπισμό σεναρίων.

Με βάση τις προτεινόμενες επεμβάσεις/αναβάθμισης που αξιολογούνται εκτελώντας το στάδιο 4, υπολογίζονται οι συντελεστές βαρύτητας και μεταφέρονται όλα τα δεδομένα στο στάδιο 5, όπου γίνεται η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης και η ανάλυση ευαισθησίας με δυνατότητα εντοπισμού ενεργειών επιρροής και εισηγήσεων νέων συστημάτων βελτιστοποίηση των σεναρίων επέμβασης.

Γενικά για κάθε πρόταση βελτιστοποίησης κάποιου μηχανολογικού ή δομικού συστήματος που προτείνετε να εφαρμοστεί στο υφιστάμενο κτίριο, αναλόγως και σε ποιο συνασπισμό σεναρίων επέμβασης αφορά, προτείνεται νέο σενάριο του εν λόγω συνασπισμού και επαναλαμβάνεται το στάδιο 3_α ή και 3_β, και ακολουθεί το στάδιο 4 και το στάδιο 5. Στο στάδιο 6 γίνεται ο τελικός υπολογισμός των τελικών δεικτών απόφασης για κάθε σενάριο του κάθε συνασπισμού και το προτεινόμενο σενάριο με τον μικρότερο δείκτη Decision Making Index (DMI), είναι το επιθυμητό βέλτιστο σενάριο επέμβασης.

2.11.1 Επεξήγηση για το Στάδιο 1 του μοντέλου αξιολόγησης - Καθορισμός ενεργειών.

Αναλυτική επεξήγηση για το στάδιο 1 του μοντέλου αξιολόγησης για το κάθε κριτήριο ακολουθεί παρακάτω:

1. Criterion: Existing Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - EECF

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα CO₂ της ενεργειακής κατανάλωσης του υφιστάμενου κτιρίου βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του λογισμικού που εφαρμόζεται από το ίδιο το κράτος για την πιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, για παράδειγμα το λογισμικό i-sbem-cy [137], για την Κυπριακή Δημοκρατία, προσδιορίζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα για κάθε ενέργεια του εν λόγω κριτηρίου. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ι.

2. Criterium: Existing Structure Footprint CO₂ (tons) - ESF

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενσωματωμένης ενέργειας των υλικών καταμετρούνται οι ποσότητες των υλικών σε μορφή δελτίου ποσοτήτων όπως γίνεται και στα κατασκευαστικά έργα. Ακολουθώς υπολογίζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα CO₂ του υπό μελέτη υφιστάμενου κτιρίου για κάθε δομικό σύστημα, με βάση τα σχέδια κατασκευής και τις επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Το τελικό αποτέλεσμα βασίζεται στο δελτίο ποσοτήτων και στις μονάδες του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για κάθε δομικό υλικό. Το γινόμενο των δυο είναι το αποτέλεσμα που αφορά την ενσωματωμένη ενέργεια του κτιρίου για το κάθε δομικό σύστημα.

3. Criterium: Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (TONS) - EBSMF

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Concrete Footprint CO₂ (tons)

- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)
- Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της συντήρησης των δομικών συστημάτων και εξοπλισμού του επιλεγμένου υφιστάμενου κτιρίου και πάλι βασίζεται στα σχέδια κατασκευής και επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Με βάση τη βιβλιογραφία, ερευνητής [69], αναφέρει ότι η συντήρηση αντιπροσωπεύει περίπου το 12% της συνολικής αρχικής κατασκευαστικής ενέργειας.

4. Criterium: Existing Demolition Footprint CO₂ (TONS) - EDF

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της κατεδάφισης του επιλεγμένου υφιστάμενου κτιρίου βασίζεται στα σχέδια κατασκευής και τις επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Στις ποσότητες αυτές λαμβάνεται υπόψη και ένα ποσοστό αύξησης

της τάξης του 30% λόγω της αποδιοργάνωσης των δομικών υλικών κατά την κατεδάφισή τους. Οι μετρήσεις υπολογισμού για την εναπόθεση των δομικών υλικών στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων βασίζονται στη τοπική βιβλιογραφία κάθε κράτους, εφόσον η κύρια παράμετρος που επηρεάζει το αποτέλεσμα είναι η τοποθεσία που βρίσκεται το υφιστάμενο κτίριο. Για παράδειγμα, η απόσταση του υφιστάμενου κτιρίου από τους χώρους εναπόθεσης, χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), των δομικών υλικών και ενδεχομένως οι διαδικασίες ανακύκλωσης να είναι διαφορετικές σε κάθε κράτος και να επηρεάζεται περισσότερο το τελικό αποτέλεσμα.

5. Criterium: Existing Energy Consumption Cost (€) - EEC

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Electricals Appliances Consumption Cost (€)

Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος, δηλαδή του οικονομικού κόστους της ενεργειακής κατανάλωσης του επιλεγμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του λογισμικού που εφαρμόζεται για την πιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, π.χ i-sbem-cy για την Κυπριακή Δημοκρατία [137] προσδιορίζεται το οικονομικό αποτύπωμα. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ι. Το αποτέλεσμα των ενεργειών του εν λόγω κριτηρίου πηγάζει από τις τιμές μονάδας παραγωγής των πηγών ενέργειας. Οι τιμές του κριτηρίου είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή παραγωγής των πηγών ενέργειας ηλεκτρισμού διαφέρει σε κάθε κράτος.

6. Criterium: Existing Structure Cost (€) - ESC

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)

- Masonry Walls Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)

Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος του κόστους κατασκευής του επιλεγμένου υφιστάμενου κτιρίου, είναι βασισμένη στα σχέδια κατασκευής και επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Οι τιμές του οικονομικού κόστους είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή των υλικών κατασκευής διαφέρει σε κάθε κράτος.

7. Criterium: Existing Demolition Cost (€) - EDC

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)

Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος του κόστους κατεδάφισης του επιλεγμένου υφιστάμενου κτιρίου βασίζεται στα σχέδια κατασκευής και επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Στο κριτήριο της κατεδάφισης, οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή κατεδάφισης και τιμών ανακύκλωσης όγκου αποβλήτων διαφέρει σε κάθε κράτος.

8. Criterium: Existing Building and Structure Maintenance Cost (€) - EBSMC

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)
- Concrete Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Steel Cost (€)

- Windows/Doors Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)
- Electrical Appliances Consumption Cost (€)

Ο υπολογισμός του οικονομικού αποτυπώματος όσον αφορά την συντήρηση του κτιρίου δεν λαμβάνεται υπόψη στην παρούσα φάση. Ο λόγος είναι ότι ακόμη το κριτήριο αυτό στην διεθνή βιβλιογραφία βασίζεται σε τιμή μονάδας που υπολογίζεται ανά τετραγωνικό μέτρο. Εφόσον τα τετραγωνικά μέτρα του υφιστάμενου κτιρίου με το μετέπειτα αναβαθμισμένο κτίριο παραμένουν τα ίδια, τότε η επίδρασή τους στο τελικό αποτέλεσμα θα είναι μηδενική. Επομένως το κριτήριο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στην μεθοδολογία κυρίως λόγω της απουσίας δεδομένων εκτίμησης του οικονομικού κόστους στην τοπική και διεθνή βιβλιογραφία. Όταν θα υπάρξουν καταγεγραμμένα δεδομένα του κόστους συντήρησης στην τοπική και διεθνή βιβλιογραφία ενδεχομένως να γίνει εφικτός και ο υπολογισμός του.

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει συνοπτικά το στάδιο 1.

Πίνακας 6: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 1 του μοντέλου αξιολόγησης.

Στάδιο 1: Συνασπισμός/Coalition A (Σενάριο/Scenario A _i)	
Υπολογισμός ποσοτήτων ενεργειών για κάθε κριτήριο.	
<u>1. Existing Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - EECF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Lights Footprint CO₂ (tons) ▪ Hot Water Footprint CO₂ (tons) ▪ Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) ▪ Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>5. Existing Energy Consumption Cost - EECC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Cost (€) ▪ Heating Consumption Cost (€) ▪ Lights Cost (€) ▪ Hot Water Cost (€) ▪ Air Ventilation Cost (€) ▪ Electricals Appliances Consumption Cost (€)

<u>2. Existing Structure Footprint CO₂ (tons) - ESF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>6. Existing Structure Cost - ESC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€)
<u>3. Existing building and structure maintenance Footprint CO₂ (tons) - EBSMF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Lights Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Hot Water Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons) ▪ Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)	<u>7. Existing Demolition Cost - EDC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Renewable Energy Cost (€)
<u>4. Existing Demolition Footprint CO₂ (tons) - EDF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>8. Existing Building and Structure Maintenance Cost - EBSMC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Cost (€) ▪ Concrete Cost (€) ▪ Heating Consumption Cost (€) ▪ Lights Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Hot Water Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€) ▪ Air Ventilation Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Renewable Energy Cost (€) ▪ Electrical Appliances Consumption Cost (€)

2.11.2 Επεξήγηση για το Στάδιο 2 του μοντέλου αξιολόγησης - Αποτίμηση φέρουσας ικανότητα του υφιστάμενου κτιρίου.

Σε αυτό το στάδιο εκτέλεσης ο μελετητής καταγράφει και αναλύει τα στοιχεία σχετικά με την κατάσταση της φέρουσας ικανότητας της υφιστάμενης δομικής κατασκευής. Η αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης βασίζεται στα ευρωπαϊκά πρότυπα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας. Με βάση την πληροφόρηση που υπάρχει μέσω των σχεδίων της άδειας οικοδομής και με τις επιτόπου μετρήσεις που ενδεχομένως απαιτούνται στο υφιστάμενο φέροντα οργανισμό του κτιρίου γίνεται η αποτίμηση της φέρουσας

ικανότητα του κτιρίου και υπολογίζεται ο εναπομένοντος προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου.

Στο σημείο αυτό εντάσσεται στη μεθοδολογία και η παράμετρος της αντισεισμικής αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου, εξετάζοντας εάν απαιτείται από την υφιστάμενη νομοθεσία όπως αναφέρεται πιο κάτω [142-144]:

- *‘Σε ό,τι αφορά τις οριζόντιες προσθήκες σε υφιστάμενη κατασκευή, προτείνεται να υπάρχει πρόνοια για δημιουργία κατάλληλου αντισεισμικού αρμού, έτσι ώστε η προσθήκη να συμπεριφέρεται ως ανεξάρτητη κατασκευή. Σε αυτή την περίπτωση, η προσθήκη αντιμετωπίζεται ως εάν να είναι νέα κατασκευή και σχεδιάζεται με βάση τον Ευρωκώδικα CYS EN 1998 – 1, και δεν απαιτείται έλεγχος της υφιστάμενης κατασκευής. Εάν δεν υπάρχει κατάλληλος αντισεισμικός αρμός, τότε η νέα κατασκευή θα σχεδιάζεται και διαστασιολογείται βάσει του CYS EN 1998-1, ενώ τα τμήματα της υφιστάμενης κατασκευής που επηρεάζονται από την νέα κατασκευή θα ελέγχονται και θα ενισχύονται με το CYS EN 1998 – 3 και με βάση τις τιμές σεισμικής επιτάχυνσης του παρόντος εγγράφου (Πίνακες 6 μέχρι 8).’*
- *‘Σε ό,τι αφορά τις κατακόρυφες προσθήκες, (π.χ. προσθήκη ορόφου/ων) η κατασκευή στο σύνολο της θα θεωρείται ενιαία, και η σεισμική δράση για αποτίμηση και σχεδιασμό θα λαμβάνεται από το παρόν έγγραφο (Πίνακες 6 μέχρι 8). Η υφιστάμενη κατασκευή θα ελέγχεται και θα ενισχύεται, αν απαιτείται, με βάση τον Ευρωκώδικα CYS EN 1998 – 3, ενώ το δομικό σύστημα των πρόσθετων ορόφων θα σχεδιάζεται και διαστασιολογείται με βάση τον Ευρωκώδικα CYS EN 1998 – 1.’*

Αξίζει να σημειωθεί ότι προτείνονται διαφορετικές λύσεις, αναλόγως της ημερομηνίας υποβολής της αρχικής άδειας οικοδομής της υφιστάμενης κατασκευής, στην οποία θα γίνει επέκταση. Οι εν λόγω καταληκτικές ημερομηνίες είναι οι εξής:

(α) πριν το 2012 (έτος κατά το οποίο θεσμοθετήθηκαν οι Ευρωκώδικες) και

(β) από 1η Ιανουαρίου 2012 και έπειτα.

- **Περίπτωση 1**

Η περίπτωση που η αρχική άδεια οικοδομής του υφιστάμενου κτιρίου έχει αποκτηθεί πριν την 1η Ιανουαρίου του 1994. Υφιστάμενη κατασκευή η οποία έχει μελετηθεί πριν το 1994 και υφίσταται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου ή του ανακαινιζομένου τμήματος θα πρέπει να αναβαθμίζεται ώστε να πληροί τις απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης, όπως αυτές καθορίζονται στο διάταγμα απαιτήσεων ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Όσον αφορά τους κανονισμούς για την ασφάλεια της οικοδομής έναντι των σεισμών, η νομοθεσία απαιτεί ότι, πριν από την ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, ο ιδιοκτήτης κτιρίου ή κτιριακής μονάδας του οποίου η άδεια οικοδομής εκδόθηκε πριν το 1994 διορίζει αδειούχο μελετητή ο οποίος ετοιμάζει έκθεση αποτίμησης του υφιστάμενου φέροντος οργανισμού. Η έκθεση αυτή ετοιμάζεται σύμφωνα με τους σε ισχύ ευρωκώδικες σε σχέση με την κατάσταση του στατικού φορέα της οικοδομής και την υπολογιζόμενη εναπομένουσα διάρκεια ζωής της, η οποία συνοδεύεται από τυχόν συστάσεις αναφορικά με τη δομοστατική ενίσχυσή της.

Με βάση τα πιο πάνω, για οποιεσδήποτε επεμβάσεις ο μελετητής θα πρέπει να εφαρμόσει τις επιταχύνσεις εδάφους που δίνονται στους Πίνακες 7 και 8. Η περίοδος επαναφοράς της σεισμικής δράσης, καθώς και το επίπεδο της οριακής κατάστασης θα συμφωνούνται μεταξύ του/ων ιδιοκτήτη/ων και του μελετητή.

- **Περίπτωση 2:**

Η περίπτωση που η αρχική άδεια οικοδομής του υφιστάμενου κτιρίου έχει αποκτηθεί πριν την 1η Ιανουαρίου του 2012. Υφιστάμενες κατασκευές οι οποίες, έχουν μελετηθεί πριν το 2012 και υπόκεινται σε προσθήκες, όπως αυτές καθορίζονται πιο πάνω, θα πρέπει ο μελετητής να εφαρμόσει τις επιταχύνσεις εδάφους που δίνονται στους Πίνακες 7 και 8. Η περίοδος επαναφοράς σεισμικής δράσης, καθώς και η Οριακή Κατάσταση θα συμφωνούνται μεταξύ του/ων ιδιοκτήτη/ών και του μελετητή.

Πίνακας 7: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 1 ($a_g R = 0,15g$) [142].

Περίοδος Επαναφοράς Σεισμικής Δράσης (Έτη)	Πιθανότητα Υπέρβασης σε 50 έτη	Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους (g)		
		Οιονεί Κατάρρευση (NC)	Σημαντικών Βλαβών (SD)	Περιορισμού Βλαβών (DL)
2475	2%	0,26	0,26	0,26
475	10%	0,15	0,15	0,15
225	20%	0,12	0,12	0,12
100	39%		0,09	0,09

Πίνακας 8: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 2 ($a_g R = 0,20g$) [142].

Περίοδος Επαναφοράς Σεισμικής Δράσης (Έτη)	Πιθανότητα Υπέρβασης σε 50 έτη	Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους (g)		
		Οιονεί Κατάρρευση (NC)	Σημαντικών Βλαβών (SD)	Περιορισμού Βλαβών (DL)
2475	2%	0,35	0,35	0,35
475	10%	0,20	0,20	0,20
225	20%	0,16	0,16	0,16
100	39%		0,12	0,12

Πίνακας 9: Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους για Σεισμική Ζώνη 3 ($a_g R = 0,25g$) [142].

Περίοδος Επαναφοράς Σεισμικής Δράσης (Έτη)	Πιθανότητα Υπέρβασης σε 50 έτη	Τροποποιημένες μέγιστες επιταχύνσεις αναφοράς εδάφους (g)		
		Οιονεί Κατάρρευση (NC)	Σημαντικών Βλαβών (SD)	Περιορισμού Βλαβών (DL)
2475	2%	0,43	0,43	0,43
475	10%	0,25	0,25	0,25
225	20%	0,19	0,19	0,19
100	39%		0,15	0,15

- **Περίπτωση 3:**

Υφιστάμενες κατασκευές οι οποίες έχουν μελετηθεί από την 1η Ιανουαρίου 2012 και μετά και θα υπόκεινται σε προσθήκες όπως αυτές καθορίζονται πιο πάνω, τότε κατ' ελάχιστο θα πρέπει ο μελετητής να εφαρμόσει τις επιταχύνσεις εδάφους και το επίπεδο οριακής κατάστασης οι οποίες λήφθηκαν υπόψη στον αρχικό σχεδιασμό τους και κατατέθηκαν για την αδειοδότηση της αρχικής μελέτης του υφιστάμενου κτιρίου.

Συμπερασματικά, με βάση τις αναφερόμενες φάσεις, ο μελετητής εντάσσει στην προτεινόμενη μεθοδολογία και εξετάζει εάν η αντισεισμική αναβάθμιση μπορεί να αποτελεί βέλτιστο σενάριο επέμβασης σε υφιστάμενο κτίριο.

2.11.3 Επεξήγηση για το Στάδιο 3α του μοντέλου αξιολόγησης

Αναλυτική επεξήγηση για το Στάδιο 3α του μοντέλου αξιολόγησης. Ακολουθεί επεξήγηση των μόνο των κριτηρίων τα οποία είναι πρόσθετα κριτήρια σχετικά με το στάδιο εκτέλεσης 1 του μοντέλου αξιολόγησης. Τα πρόσθετα κριτήρια ακολουθούν παρακάτω:

1. **Criterion Energy Label Upgrade Footprint CO₂ (tons) – ELUF.**

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)

- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενσωματωμένης ενέργειας των υλικών που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση, καταμετρούνται οι ποσότητες των υλικών σε μορφή δελτίου ποσοτήτων (m³) όπως γίνεται και στα κατασκευαστικά έργα. Ακολούθως υπολογίζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του CO₂ του υπό μελέτη υφιστάμενου κτιρίου για κάθε δομικό σύστημα με βάση τα σχέδια κατασκευής και τις επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Το τελικό αποτέλεσμα βασίζεται στο δελτίο ποσοτήτων και στις μονάδες του περιβαλλοντικού αποτυπώματος για κάθε δομικό υλικό. Το γινόμενο των δυο, είναι το αποτέλεσμα που αφορά την ενσωματωμένη ενέργεια του κτιρίου για το κάθε δομικό σύστημα.

2. Criterium Subsequently Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) – SECF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα CO₂ της ενεργειακής κατανάλωσης του ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του αναφερόμενου λογισμικού που εφαρμόζεται για την πιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, για παράδειγμα το λογισμικό isbemy [137], για την Κυπριακή Δημοκρατία, προσδιορίζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα για κάθε ενέργεια του εν λόγω κριτηρίου. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα II.

3. Criterium Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) – SBSMF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)
- Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της συντήρησης των δομικών συστημάτων και εξοπλισμού του επιλεγμένου ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στα σχέδια κατασκευής του και σε επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους.

4. Criterium Subsequently Demolition Footprint CO₂ (tons) – SDF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της κατεδάφισης του επιλεγμένου ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στα σχέδια

κατασκευής και σε επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Στις ποσότητες αυτές λαμβάνεται υπόψη και ένα ποσοστό αύξησης της τάξης του 30% λόγω της αποδιοργάνωσης των δομικών υλικών κατά την κατεδάφισή τους. Οι μετρήσεις υπολογισμού για την εναπόθεση των δομικών υλικών στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων βασίζονται στην τοπική βιβλιογραφία του κάθε κράτους, εφόσον και η κύρια παράμετρος η οποία επηρεάζει το αποτέλεσμα είναι η τοποθεσία που βρίσκεται το υφιστάμενο κτίριο σε σχέση με το χώρο υγειονομικής ταφής. Για παράδειγμα, η απόσταση του υφιστάμενου κτιρίου από τους χώρους εναπόθεσης (XYTA) των δομικών υλικών και ενδεχομένως οι διαδικασίες ανακύκλωσης να είναι διαφορετικές σε κάθε κράτος και να επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα.

5. Criterium Subsequently Energy Consumption Cost (€) – SECC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Electricals Appliances Consumption Cost (€)

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του οικονομικού αποτυπώματος του ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου. Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος, δηλαδή του οικονομικού κόστους της ενεργειακής κατανάλωσης του επιλεγμένου ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του αναφερόμενου λογισμικού που εφαρμόζεται για την πιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, π.χ i-sbem-cy για την Κυπριακή Δημοκρατία [137] προσδιορίζεται το οικονομικό αποτύπωμα του κτιρίου. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα II. Το αποτέλεσμα των ενεργειών του εν λόγω κριτηρίου πηγάζει από τις τιμές μονάδας παραγωγής των πηγών ενέργειας. Και σε αυτό το κριτήριο οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή παραγωγής των πηγών ενέργειας ηλεκτρισμού διαφέρει σε κάθε κράτος.

6. Criterium: Energy Label Upgrade Cost (€) – ELUC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)

Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος του ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, δηλαδή του κόστους της προτεινόμενης ενεργειακής αναβάθμισης βασίζεται σε σχέδια κατασκευής και επί τόπου μετρήσεων/ελέγχων. Οι τιμές του οικονομικού κόστους είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή των υλικών κατασκευής διαφέρει σε κάθε κράτος.

7. Criterium: Subsequently Demolition Cost (€) – SDC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)

Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος του κόστους του ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου είναι βασισμένη στα προτεινόμενα σχέδια κατασκευής. Οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή κατεδάφισης και τιμών ανακύκλωσης όγκου αποβλήτων διαφέρει σε κάθε κράτος.

8. Criterium: Subsequently Building and Structure Maintenance Cost (€) – SBSMC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)

- Concrete Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)
- Electrical Appliances Consumption Cost (€)

Για τον υπολογισμό του οικονομικού αποτυπώματος του ενεργειακά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, η συντήρηση δεν θα ληφθεί υπόψη. Ο λόγος είναι ότι ακόμη το κριτήριο αυτό στην διεθνή βιβλιογραφία βασίζεται σε τιμή μονάδας η οποία υπολογίζεται ανά τετραγωνικό μέτρο. Εφόσον τα τετραγωνικά μέτρα του υφιστάμενου κτιρίου με το μετέπειτα ενεργειακά αναβαθμισμένο παραμένουν τα ίδια, τότε η επίδραση του θα είναι μηδενική για το τελικό αποτέλεσμα. Επομένως το κριτήριο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στην μεθοδολογία κυρίως λόγω της απουσίας δεδομένων εκτίμησης του οικονομικού κόστους στην τοπική και διεθνή βιβλιογραφία. Όταν θα υπάρξουν καταγεγραμμένα δεδομένα του κόστους συντήρησης στην διεθνή και τοπική βιβλιογραφία ενδεχομένως να γίνει εφικτός και ο υπολογισμός του.

Ο πίνακας 10 παρουσιάζει συνοπτικά το στάδιο 3α.

Πίνακας 10: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 3α του μοντέλου αξιολόγησης.

Στάδιο 3α: Συνασπισμός/Coalition B (Σενάριο/Scenario B _i)	
Υπολογισμός ποσοτήτων για κάθε ενέργεια για κάθε κριτήριο.	
<u>1. Energy Label Upgrade Footprint CO₂ (tons) - ELUF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons)	<u>5. Subsequently Energy Consumption Cost - SECC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Cost (€) ▪ Heating Consumption Cost (€) ▪ Lights Cost (€) ▪ Hot Water Cost (€) ▪ Air Ventilation Cost (€) ▪ Electricals Appliances Consumption Cost (€)

Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	
<u>2. Subsequently Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - SECF</u> - Ενέργειες: - Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) - Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) - Lights Footprint CO₂ (tons) - Hot Water Footprint CO₂ (tons) - Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) - Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons) - Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>6. Energy Label Upgrade Cost - ELUC</u> - Ενέργειες: - Concrete Cost (€) - Steel Cost (€) - Windows/Doors Cost (€) - Masonry Walls Cost (€) - Timber Cost (€) - Windows/Doors Cost (€) - Wall Insulation Cost (€) - Roof Insulation Cost (€) - Renewable Energy Cost (€)
<u>3. Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) - SBSMF</u> - Ενέργειες: - Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) - Concrete Footprint CO₂ (tons) - Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) - Lights Footprint CO₂ (tons) - Steel Footprint CO₂ (tons) - Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) - Hot Water Footprint CO₂ (tons) - Masonry Walls CO₂ (tons) - Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) - Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) - Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) - Timber Footprint CO₂ (tons) - Renewable Energy Footprint CO₂ (tons) - Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)	<u>7. Subsequently Demolition Cost - SDC</u> - Ενέργειες: - Concrete Cost (€) - Steel Cost (€) - Windows/Doors Cost (€) - Masonry Walls Cost (€) - Wall Insulation Cost (€) - Roof Insulation Cost (€) - Timber Cost (€) - Renewable Energy Cost (€)
<u>4. Subsequently Demolition Footprint CO₂ (tons) - SDF</u> - Ενέργειες: - Concrete Footprint CO₂ (tons) - Steel Footprint CO₂ (tons) - Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) - Masonry Walls CO₂ (tons) - Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) - Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) - Timber Footprint CO₂ (tons) - Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>8. Subsequently Building and Structure Maintenance Cost - SBSMC</u> - Ενέργειες: - Cooling Consumption Cost (€) - Concrete Cost (€) - Heating Consumption Cost (€) - Lights Cost (€) - Steel Cost (€) - Windows/Doors Cost (€) - Hot Water Cost (€) - Masonry Walls Cost (€) - Wall Insulation Cost (€) - Roof Insulation Cost (€) - Air Ventilation Cost (€) - Timber Cost (€) - Renewable Energy Cost (€) - Electrical Appliances Consumption Cost (€)

2.11.4 Επεξήγηση για το Στάδιο 3β του μοντέλου αξιολόγησης

Αναλυτική επεξήγηση για το Στάδιο 3β του μοντέλου αξιολόγησης. Ακολουθεί επεξήγηση των μόνο των κριτηρίων τα οποία είναι πρόσθετα κριτήρια σχετικά με το στάδιο εκτέλεσης 3α του μοντέλου αξιολόγησης. Τα πρόσθετα κριτήρια ακολουθούν παρακάτω:

1. Criterion: Energy Structural Upgrade Footprint CO₂ (tons) – ESUF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα CO₂ του υπό μελέτη υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται σε προτεινόμενα σχέδια, Παράρτημα III. Καταγράφονται οι ποσότητες για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενσωματωμένης ενέργειας των υλικών. Όλες οι στατικές/αντισεισμικές δομικές αναβαθμίσεις καταγράφονται και καταμετρούνται οι ποσότητες των υλικών σε μορφή δελτίου ποσοτήτων όπως γίνεται στα κατασκευαστικά έργα. Ακολούθως υπολογίζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του CO₂ του υπό μελέτη ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου για κάθε δομικό σύστημα με βάση τα σχέδια κατασκευής και τις επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους.

2. Criterium Subsequently Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) – SECF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα CO₂ της ενεργειακής κατανάλωσης του ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του αναφερόμενου λογισμικού που εφαρμόζεται για την πιστοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης, για παράδειγμα το λογισμικό isbem-cy [137], για την Κυπριακή Δημοκρατία, προσδιορίζεται

το περιβαλλοντικό αποτύπωμα για κάθε ενέργεια του εν λόγω κριτηρίου. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα II.

3. Criterium: Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) – SBSMF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)
- Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)

Ακολουθώς γίνεται η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της συντήρησης των δομικών συστημάτων και εξοπλισμού του ενεργειακά και αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου. Το κριτήριο είναι βασισμένο στα σχέδια κατασκευής και σε επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Με βάση την βιβλιογραφία, ερευνητής [69], αναφέρει ότι η συντήρηση αντιπροσωπεύει περίπου το 12% της συνολικής αρχικής κατασκευαστικής ενέργειας.

4. Criterium: Subsequently Demolition Footprint CO₂ (tons)- SDF.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)

- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

Η καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂ της κατεδάφισης του ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στα σχέδια κατασκευής και τις επί τόπου μετρήσεις/ελέγχους. Οι μετρήσεις υπολογισμού για την εναπόθεση των δομικών υλικών στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, βασίζονται στην τοπική βιβλιογραφία κάθε κράτους, εφόσον η κύρια παράμετρος η οποία επηρεάζει το αποτέλεσμα είναι η τοποθεσία που βρίσκεται το υφιστάμενο κτίριο. Για παράδειγμα, η απόσταση του υφιστάμενου κτιρίου από τους χώρους εναπόθεσης (XYTA) των δομικών υλικών και ενδεχομένως οι διαδικασίες ανακύκλωσης να είναι διαφορετικές σε κάθε κράτος και να επηρεάζεται το τελικό αποτέλεσμα.

5. Criterium: Subsequently Energy Consumption Cost (€)- SECC

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Electricals Appliances Consumption Cost (€)

Στη συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του οικονομικού αποτυπώματος. Η καταγραφή του οικονομικού αποτυπώματος, δηλαδή του οικονομικού κόστους της ενεργειακής κατανάλωσης του ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου, βασίζεται στο εθνικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Κατανάλωσης του κάθε κράτους. Μέσω του αναφερόμενου λογισμικού που εφαρμόζεται για την πιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, π.χ isbem-cy για την Κυπριακή Δημοκρατία [137], προσδιορίζεται το οικονομικό αποτύπωμα. Η κατάταξη περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημα II. Το αποτέλεσμα των ενεργειών του εν λόγω κριτηρίου πηγάζει από τις τιμές μονάδας παραγωγής των πηγών ενέργειας. Και σε αυτό το κριτήριο οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή παραγωγής των πηγών ενέργειας ηλεκτρισμού διαφέρει σε κάθε κράτος.

6. Criterium: Structural Upgrade Cost (€) - SUC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)

Η καταγραφή του αποτυπώματος του κόστους της προτεινόμενης στατικής/αντισεισμικής αναβάθμισης βασίζεται σε σχέδια κατασκευής, Παράρτημα ΙΙΙ. Και σε αυτό το κριτήριο οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή των υλικών κατασκευής διαφέρει σε κάθε κράτος.

7. Criterium: Subsequently Demolition Cost (€) - SDC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)

Η καταγραφή του αποτυπώματος του κόστους του ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου βασίζεται στα προτεινόμενα σχέδια κατασκευής. Οι τιμές είναι βασισμένες σε εθνικές καταγραφές εφόσον η τιμή κατεδάφισης και τιμών ανακύκλωσης όγκου αποβλήτων διαφέρει σε κάθε κράτος.

8. Criterium: Subsequently Building and Structure Maintenance Cost (€) - SBSMC.

Οι ενέργειες (**actions**) που επηρεάζουν το εν λόγω κριτήριο είναι οι ακόλουθες:

- Cooling Consumption Cost (€)
- Concrete Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Windows/Doors Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Timber Cost (€)
- Renewable Energy Cost (€)
- Electrical Appliances Consumption Cost (€)

Το εν λόγω κριτήριο με βάση την διεθνή βιβλιογραφία βασίζεται στο κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο, κι εφόσον τα τετραγωνικά μέτρα του ενεργειακά και στατικά/αντισεισμικά αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου με το αναβαθμισμένο παραμένουν τα ίδια, τότε δεν επηρεάζεται το αποτέλεσμα. Επομένως το κριτήριο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στην μεθοδολογία επειδή δεν υπάρχουν δεδομένα εκτίμησης κόστους στην τοπική και διεθνή βιβλιογραφία. Το κριτήριο αναφέρεται ως κριτήριο αξιολόγησης για να ληφθεί υπόψη μελλοντικά όταν υπάρξουν καταγεγραμμένα στοιχεία του κόστους συντήρησης στην διεθνή και τοπική βιβλιογραφία. Ο πίνακας 11 παρουσιάζει συνοπτικά το στάδιο 3β.

Πίνακας 11: Συνοπτικός Πίνακας του σταδίου 3β του μοντέλου αξιολόγησης.

Στάδιο 3β: Συνασπισμός/Coalition C (Σενάριο/Scenario C_i)	
Υπολογισμός ποσοτήτων για κάθε ενέργεια για κάθε κριτήριο.	
1. Energy Structural Upgrade Footprint CO₂ (tons) - ESUF ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	5. Subsequently Energy Consumption Cost - SECC ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Cost (€) ▪ Heating Consumption Cost (€) ▪ Lights Cost (€) ▪ Hot Water Cost (€) ▪ Air Ventilation Cost (€) ▪ Electricals Appliances Consumption Cost (€)

<u>2. Subsequently Energy Consumption Footprint CO₂ (tons) - SECF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Lights Footprint CO₂ (tons) ▪ Hot Water Footprint CO₂ (tons) ▪ Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) ▪ Electrical Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Photovoltaics Footprint CO₂ (tons)	<u>6. Structural Upgrade Cost - SUC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€) ▪ Renewable Energy Cost (€)
<u>3. Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO₂ (tons) - SSBMF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Heating Consumption Footprint CO₂ (tons) ▪ Lights Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Hot Water Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Air Ventilation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons) ▪ Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)	<u>7. Subsequently Demolition Cost - SDC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Renewable Energy Cost (€)
<u>4. Subsequently Demolition Footprint CO₂(tons) - SDF</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Concrete Footprint CO₂ (tons) ▪ Steel Footprint CO₂ (tons) ▪ Windows/Doors Footprint CO₂ (tons) ▪ Masonry Walls CO₂ (tons) ▪ Wall Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Roof Insulation Footprint CO₂ (tons) ▪ Timber Footprint CO₂ (tons) ▪ Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)	<u>8. Subsequently Building and Structure Maintenance Cost - SSBMC</u> ○ <u>Ενέργειες:</u> ▪ Cooling Consumption Cost (€) ▪ Concrete Cost (€) ▪ Heating Consumption Cost (€) ▪ Lights Cost (€) ▪ Steel Cost (€) ▪ Windows/Doors Cost (€) ▪ Hot Water Cost (€) ▪ Masonry Walls Cost (€) ▪ Wall Insulation Cost (€) ▪ Roof Insulation Cost (€) ▪ Air Ventilation Cost (€) ▪ Timber Cost (€) ▪ Renewable Energy Cost (€) ▪ Electrical Appliances Consumption Cost (€)

2.11.5 Επεξήγηση για το Στάδιο 4: Μέθοδος αναλυτικής ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process) του μοντέλου αξιολόγησης.

Στο στάδιο εκτέλεσης 4 υπολογίζεται ο βαθμός σπουδαιότητας των κριτηρίων. Ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας για τα κριτήρια έγινε με βάση τη μέθοδο αναλυτικής ιεράρχησης. Για τη σύγκριση χρησιμοποιήθηκε μια 5-βάθμια κλίμακα όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 12:

Πίνακας 12: Επεξηγηματικός πίνακας βαθμονόμησης σπουδαιότητας κριτηρίων, [97].

ΚΛΙΜΑΚΑ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ		
Ένταση της σχετικής σημασίας	Ορισμός	Επεξήγηση
1	Ίδιας Σημασίας	Τα δύο σχέδια συνεισφέρουν ισότιμα στο κριτήριο.
3	Ασθενής προτίμηση του ενός ως προς το άλλο	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ελαφρά προτίμηση στο ένα σχέδιο.
5	Αισθητή ή δυνατή σημασία	Η εμπειρία και η κρίση δίνουν ισχυρή προτίμηση στο ένα σχέδιο.
7	Πολύ δυνατή σημασία	Το ένα σχέδιο είναι ισχυρά επιθυμητό και η διαφορά του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σημασία	Η προφανής προτίμηση του ενός σχεδίου επιβεβαιώνεται σαφώς.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των δυο κρίσεων	Όταν απαιτείται συμβιβασμός
Αντίστροφοι θετικοί αριθμοί	Αν το σχέδιο i έχει έναν από τους παραπάνω αριθμούς όταν συγκρίνεται με το σχέδιο j, τότε το σχέδιο j έχει τον αντίστροφο αριθμό όταν συγκρίνεται με το i.	

Η ανά ζεύγους σύγκρισης της αναφερόμενης μεθόδου για να είναι στα όρια βαθμονόμησης της συγκεκριμένης επιλεγμένης κλίμακας όπως αναφέρετε στον Πίνακας 12 (η κλίμακα λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή απόδοσης σε κλίμακα από 1 –10) έγινε η παραδοχή ότι σε περίπτωση που το ασθενέστερο συγκρίσιμο είναι σε ποσοστό μικρότερο από το 10% του μεγαλύτερου συγκρίσιμου, τότε η μέγιστη τιμή προτίμησης από την κλίμακα επιλέγεται για το μεγαλύτερο συγκρίσιμο κριτήριο και το αντίστροφο αυτού του αποτελέσματος είναι ο βαθμός προτίμησης του συγκρίσιμου κριτηρίου με την μικρότερη τιμή.

Σύγκριση ζεύγους εφαρμόζεται και στο εργαλείο i-sbem-cy [137], όπου υπολογίζεται η ενεργειακή κατάταξη του υφιστάμενου κτιρίου γίνεται σύγκριση των υπολογισμών του με το κτίριο αναφοράς, δηλαδή με ένα άλλο κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά αλλά με άλλες όμως θερμομονωτικές ικανότητες βασισμένες σε κανονισμούς. Η σύγκριση των δυο αποτελεσμάτων γίνεται και με βάση το αποτέλεσμα γίνεται η κατάταξή του κτιρίου στη κλίμακα της ενεργειακής κατανάλωσης του λογισμικού. Στην προτεινόμενη μεθοδολογία και με βάση το πίνακα της μήτρας σύγκρισης, στους άξονες αναφοράς του πίνακα γίνεται η ταξινόμηση των κριτηρίων από το μεγαλύτερο στο μικρότερο, δηλαδή σε μια φθίνουσα σειρά και το ίδιο γίνεται και για τον κατακόρυφο

άξονα του πίνακα. Η βαθμολογία αυτή χρησιμοποιείται στην μήτρα σύγκριση δηλαδή συγκεντρώνεται σε δισδιάστατους πίνακες όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 13 και Πίνακα 14.

Πίνακας 13: Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο Πίνακας συγκρίσεως για 9 περιβαλλοντικά κριτήρια όπου A_i κριτήριο και a_{ij} τιμές σχετικής σημασίας ανά ζεύγη, [97].

Κριτήρια	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
A_1	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}	a_{18}	a_{19}
A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}	a_{28}	a_{29}
A_3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}	a_{38}	a_{39}
A_4	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1	a_{45}	a_{46}	a_{47}	a_{48}	a_{49}
A_5	$1/a_{15}$	$1/a_{25}$	$1/a_{35}$	$1/a_{45}$	1	a_{56}	a_{57}	a_{58}	a_{59}
A_6	$1/a_{16}$	$1/a_{26}$	$1/a_{36}$	$1/a_{46}$	$1/a_{56}$	1	a_{67}	a_{68}	a_{69}
A_7	$1/a_{17}$	$1/a_{27}$	$1/a_{37}$	$1/a_{47}$	$1/a_{57}$	$1/a_{67}$	1	a_{78}	a_{79}
A_8	$1/a_{18}$	$1/a_{28}$	$1/a_{38}$	$1/a_{48}$	$1/a_{58}$	$1/a_{68}$	$1/a_{78}$	1	a_{89}
A_9	$1/a_{19}$	$1/a_{29}$	$1/a_{39}$	$1/a_{49}$	$1/a_{59}$	$1/a_{69}$	$1/a_{79}$	$1/a_{89}$	1

Πίνακας 14: Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο Πίνακας συγκρίσεως για 7 οικονομικά κριτήρια όπου A_i κριτήριο και a_{ij} τιμές σχετικής σημασίας ανά ζεύγη, [97].

Κριτήρια	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
A_1	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}
A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
A_3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}
A_4	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1	a_{45}	a_{46}	a_{47}
A_5	$1/a_{15}$	$1/a_{25}$	$1/a_{35}$	$1/a_{45}$	1	a_{56}	a_{57}
A_6	$1/a_{16}$	$1/a_{26}$	$1/a_{36}$	$1/a_{46}$	$1/a_{56}$	1	a_{67}
A_7	$1/a_{17}$	$1/a_{27}$	$1/a_{37}$	$1/a_{47}$	$1/a_{57}$	$1/a_{67}$	1

Οι συντελεστές βαρύτητάς των κριτηρίων υπολογίζονται με τη χρήση της μεθόδου του ιδιοδιανύσματος. Ο υπολογισμός του ιδιοδιανύσματος από τον πίνακα κατά ζεύγη συγκρίσεων γίνεται με την εξής επαναληπτική διαδικασία με βάση τα πιο κάτω βήματα:

- Βήμα 1:

Αθροίζονται κατά γραμμή τα στοιχεία της μήτρας σύγκρισης δηλαδή του πίνακα A με τις τιμές σχετικής σημασίας ανά ζεύγη a_{ij} για κάθε γραμμή όπως αναφέρει η πιο κάτω εξίσωση:

$$s_i = \sum_j a_{ij} \quad \forall i \quad (5)$$

- Βήμα 2:

Γίνεται προσέγγιση, για κάθε γραμμή της μήτρας σύγκρισης, δηλαδή του βάρους του αντίστοιχου κριτηρίου με το πηλίκο του s_i δια του αθροίσματος των στοιχείων i όλου του πίνακα όπως αναφέρει η πιο κάτω εξίσωση:

$$w_i = \frac{s_i}{\sum_i \sum_j a_{ij}} \quad (6)$$

Λαμβάνεται έτσι το w του οποίου οι συνιστώσες είναι κανονικοποιημένες, δηλαδή έχουν άθροισμα τη μονάδα.

- Βήμα 3:

Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο πίνακας A υψώνεται στο τετράγωνο και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το βήμα 1. Η εκτέλεση της διαδικασίας ολοκληρώνεται όταν δύο διαδοχικές προσεγγίσεις του w δεν διαφέρουν σημαντικά στα πλαίσια μιας επιθυμητής ακρίβειας.

- Βήμα 4:

Η μήτρα σύγκρισης δηλαδή ο πίνακας A υψώνεται στην τέταρτη δύναμη και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το βήμα 1. Η εκτέλεση της διαδικασίας ολοκληρώνεται όταν δύο διαδοχικές προσεγγίσεις του w δεν διαφέρουν σημαντικά στα πλαίσια μιας επιθυμητής ακρίβειας.

- Βήμα 5:

Ο πίνακας A υψώνεται στην όγδοη δύναμη και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το βήμα 1. Η εκτέλεση της διαδικασίας ολοκληρώνεται όταν δύο διαδοχικές προσεγγίσεις του w δεν διαφέρουν σημαντικά στα πλαίσια μιας επιθυμητής ακρίβειας.

- Βήμα 6:

Ο πίνακας A υψώνεται στην δέκατη-έκτη δύναμη και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το βήμα 1. Η εκτέλεση της διαδικασίας ολοκληρώνεται όταν δύο διαδοχικές προσεγγίσεις του w δεν διαφέρουν σημαντικά στα πλαίσια μιας επιθυμητής ακρίβειας.

Κατ' ακολουθίαν για κάθε ένα από τα αναφερόμενα κριτήρια, γίνεται η σύγκριση ανά ζεύγος, και δημιουργείται η αναφερόμενη μήτρα σύγκρισης με τη βοήθεια της προαναφερθείσας ποιοτικής κλίμακας που αποτυπώνεται στον πίνακα 12. Οι συγκρίσεις ανά ζεύγη βασίζονται στις μετρήσεις του κάθε κριτηρίου, όπως έχουν υπολογιστεί στα προαναφερθέντα στάδια του μοντέλου αξιολόγησης για τις μέγιστες τιμές τους, για το κάθε ένα κριτήριο ανεξαιρέτως συνασπισμού και σεναρίου. Στην συνέχεια γίνεται η

αξιολόγηση των κριτηρίων ανά ζεύγη με τις μέγιστες τιμές τους. Λαμβάνονται υπόψιν οι μέγιστες τιμές, και όχι τις ελάχιστες τιμές, του κάθε κριτηρίου κατά την διάρκεια των συγκρίσεων, και ο λόγος είναι ότι το μοντέλο αξιολόγησης θα πρέπει να βασίζεται στο κύριο στόχο του, την βελτιστοποίηση των σεναρίων επέμβασης με σκοπό την ελαχιστοποίηση των μέγιστων τιμών που έχουν και το κυρίαρχο ρόλο, δηλαδή τον μέγιστο βαθμό επηρεασμού στο τελικό αποτέλεσμα του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος.

Η αναφερόμενη σύγκριση ανά ζεύγος, εφαρμόζεται και για τα δυο συμπλέγματα κριτηρίων. Η αξιολόγηση που γίνεται είναι μέρος της διαδικασίας του υπολογισμού των συντελεστών βαρύτητας και για τα δυο συμπλέγματα κριτηρίων. Το πρώτο σύμπλεγμα είναι τα περιβαλλοντικά κριτήρια και οι μονάδες είναι σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO_2/ton), και το δεύτερο σύμπλεγμα είναι τα οικονομικά κριτήρια και οι μονάδες του είναι σε ευρώ (€). Στο τέλος υπολογίζονται οι συντελεστές βαρύτητας και για τα δυο συμπλέγματα ξεχωριστά, για να γίνεται και η σύγκριση ανά ζεύγη με κοινές μονάδες σύγκρισης. Στην συνέχεια γίνεται αναγωγή των συντελεστών βαρύτητας των οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων στο 50%, ώστε στο τελικό σύνολο και των δυο συμπλεγμάτων να είναι μονάδα (100%).

Αναφορικά για τους βαθμούς σπουδαιότητας όσο αφορά τις ενέργειες, ορίστηκε η μονάδα εφόσον όλες οι ενέργειες λαμβάνονται ίση σημασία ως προς το τελικό αποτέλεσμα.

Οι πίνακες 15 και 16 που ακολουθούν, είναι ενδεικτικοί και είναι από μελέτη περίπτωσης και αφορά τυπικό υφιστάμενο κτίριο, το οποίο ενδεχομένως να βρίσκεται είτε σε παραλιακές πόλεις Λεμεσό/Λάρνακα/Πάφος της Κυπριακής Δημοκρατίας, είτε στην ενδοχώρα, είτε σε ψηλές ορεινές περιοχές.

Πίνακας 15: Η μήτρα σύγκρισης για τα 9 περιβαλλοντικά κριτήρια με τις τιμές σχετικής σημασίας.

Environmental Criterium	Existing Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - EECF	Subsequently Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - SECF	Structural Upgrade Footprint CO2 (tons) - SUF	Existing Structure Footprint CO2 (tons) - ESF	Energy Label Upgrade Footprint CO2 (tons) - ELUF	Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - SBSMF	Subsequently Demolition Footprint CO2 (tons) - SDF	Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - EBSMF	Existing Demolition Footprint CO2 (tons) - EDF	Σύνολο Γραμμής
Existing Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - EECF	1.00	4.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	75.00
Subsequently Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - SECF	0.25	1.00	6.52	6.62	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	64.40
Structural Upgrade Footprint CO2 (tons) - SUF	0.10	0.15	1.00	1.02	2.49	3.57	6.34	10.00	10.00	34.66
Existing Structure Footprint CO2 (tons) - ESF	0.10	0.15	0.99	1.00	2.45	3.51	6.25	10.00	10.00	34.45
Energy Label Upgrade Footprint CO2 (tons) - ELUF	0.10	0.10	0.40	0.41	1.00	1.43	2.55	10.00	10.00	26.00
Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - SBSMF	0.10	0.10	0.28	0.28	0.70	1.00	1.78	10.00	10.00	24.24
Subsequently Demolition Footprint CO2 (tons) - SDF	0.10	0.10	0.16	0.16	0.39	0.56	1.00	10.00	10.00	22.47
Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - EBSMF	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	1.00	2.00	3.70
Existing Demolition Footprint CO2 (tons) - EDF	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.50	1.00	2.20
Σύνολο Πίνακα										287.120

Πίνακας 16: Η μήτρα σύγκρισης για τα 7 οικονομικά κριτήρια με τις τιμές σχετικής σημασίας.

Financial Criterion	Existing Energy Consumption Cost (€) - EECC	Subsequently Energy Consumption Cost (€) - SEC	Energy Label Upgrade Cost (€) - ELUC	Existing Structure Cost (€) - ESC	Structural Upgrade Cost (€) - SUC	Subsequently Demolition Cost (€) - SDC	Existing Demolition Cost (€) - EDC	Σύνολο Γραμμής
Existing Energy Consumption Cost (€) - EECC	1.00	4.00	4.93	6.65	9.00	10.00	10.00	45.59
Subsequently Energy Consumption Cost (€) - SEC	0.25	1.00	1.23	1.66	2.25	7.48	10.00	23.88
Energy Label Upgrade Cost (€) - ELU	0.20	0.81	1.00	1.35	1.82	6.06	10.00	21.25
Existing Structure Cost (€) - ESC	0.15	0.60	0.74	1.00	1.35	4.50	8.70	17.05
Structural Upgrade Cost (€) - SUC	0.11	0.44	0.55	0.74	1.00	3.33	6.43	12.60
Subsequently Demolition Cost (€) - SDC	0.10	0.13	0.16	0.22	0.30	1.00	1.94	3.86
Existing Demolition Cost (€) - EDC	0.10	0.10	0.10	0.11	0.16	0.52	1.00	2.09
							Σύνολο Πίνακα	126.31

Σχετικά με το θέμα του δείκτη συνέπειας των κριτηρίων, θέλουμε να επισημάνουμε ότι με την μέθοδο AHP υπάρχουν και περιθώρια για ασυνέπεια στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα, γι' αυτό η μεθοδολογία παρέχει και τους δείκτες μέτρησης της συνέπειας. Είναι φυσιολογικό ο αποφασίζοντας να αποζητά την απόλυτη συνέπεια στις αποφάσεις του. Με βάση ερευνητή [95], όπου έδειξε ότι για να κρατηθεί το επίπεδο της ασυνέπειας σε χαμηλά επίπεδα, ο αριθμός των συγκρινόμενων κριτηρίων πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος με 9. Ο αναφερόμενος περιορισμός εφαρμόστηκε και για αυτό έγινε ξεχωριστά η βαθμονόμηση των συμπλεγμάτων κριτηρίων, δηλαδή των περιβαλλοντικών (9 κριτήρια) και των οικονομικών κριτηρίων (7 κριτήρια). Στην συνέχεια στα πλαίσια του μοντέλου αξιολόγησης, εξετάζεται και το θέμα της συνέπειας των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων, εφόσον μια ασυνεπής διαδικασία βαθμολόγησης στη σύγκριση ανά ζεύγη θα δημιουργήσει προβλήματα αξιοπιστίας στην όλη διαδικασία. Για την αποφυγή ασυνέπειας, υιοθετείται ένας δείκτης συνέπειας των εκτιμήσεων, ο οποίος για κάθε πίνακα συγκρίσεων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει κάποιο όριο. Συμπέρασμα είναι ότι ένας χαμηλός βαθμός του δείκτη συνέπειας δεν πρέπει να είναι ο στόχος στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης, είναι σημαντικός αλλά όχι και καθοριστικός για τη λήψη μιας σωστής απόφασης. Η συνέπεια στην διαδικασία της ιεραρχικής ανάλυσης αποφάσεων, ελέγχεται ως εξής:

Αν για τα στοιχεία ενός πίνακα κατά ζεύγη συγκρίσεων A ισχύει ότι

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} \quad \forall (i,j,k) \quad (7)$$

ο πίνακας A ονομάζεται συνεπής.

Επίσης για να βρεθεί το διάνυσμα των προτεραιοτήτων, πρέπει να βρεθεί το διάνυσμα

W , τέτοιο ώστε να ισχύει η πιο κάτω σχέση:

$$A_w = \lambda_{\max} \times w \quad (8)$$

όπου A_w , $\lambda_{\max}$, w είναι αντίστοιχα ο πίνακας των κατά ζεύγη συγκρίσεων, η μέγιστη ιδιοτιμή $\lambda_{\max}$ του πίνακα αυτού και το αντίστοιχο ιδιοδιάνυσμα. Το εκτιμώμενο διάνυσμα w αποτελεί προσέγγιση του διανύσματος των πραγματικών σχετικών βαρών w . Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά $\lambda_{\max} - n$ τόσο περισσότερες είναι οι ασυνέπειες μεταξύ των τιμών του πίνακα A . Έτσι, η σχέση $\lambda_{\max} - n$

αποτελεί το μέτρο για την συνέπεια. Εάν αυτή κανονικοποιηθεί σύμφωνα με το μέγεθος του πίνακα, προκύπτει ο όρος C.I. (consistency index), ο οποίος φανερώνει την απόκλιση της συνέπειας.

Στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται ο δείκτης συνέπειας CI:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (9)$$

και ο λόγος συνέπειας CR:

$$CR = (CI / ACI) * 100 \quad (10)$$

Ο δείκτης ο ACI είναι μια μέση τιμή δεικτών συνέπειας που υπολογίζεται βάσει βαρών που δημιουργούνται με τυχαίο τρόπο στα πλαίσια προσομοίωσης. Οι τιμές του δείκτη ACI φαίνονται στον πίνακα 17:

Πίνακας 17: Πίνακας με τιμές του δείκτη ACI , [95].

Μέγεθος πίνακα	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ACI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Όπως έχουμε επισημάνει και προηγουμένως μια τιμή λόγου συνέπειας CR μικρότερη ή ίση του 10% είναι αποδεκτή. Σε αντίθετη περίπτωση ο αποφασίζω θα έπρεπε να επανεξετάσει τον πίνακα A ώστε να αρθούν οι ανακολουθίες, τουλάχιστον μέχρι ενός αποδεκτού επιπέδου. Επειδή στην υφιστάμενη μεθοδολογία, έχουν οριστεί οι πίνακες απλά γίνεται ένας έλεγχος ώστε να γνωρίζει ο μελετητής για το δικό του κτίριο το βαθμό συνέπειας των κριτηρίων που επιλέγηκαν. Επίσης ερευνητής [95-97], υποστηρίζει ότι όταν CR=0 τότε ο πίνακας των συγκρίσεων είναι πλήρως συνεπής ενώ για CR>0.1 τότε υπάρχει ασυνέπεια στις προτιμήσεις του αποφασίζοντα εάν και κάποιες φορές μια τέτοια τιμή ενδεχομένως να πρέπει να γίνεται αποδεκτή.

Στα πλαίσια της έρευνας μελετήθηκαν κάποιες διαφοροποιήσεις του υφιστάμενου κτιρίου:

- Το υφιστάμενο κτίριο βρίσκεται εντός της σεισμική ζώνης 3 και κλιματική ζώνης 1
 - ο Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1980 και ο λόγος συνέπεια για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι CR= 19.708% >10% και για τα οικονομικά κριτήρια είναι CR= 5.538% < 10%.

- Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1994 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 19.131\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.593\% < 10\%$.
- Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2008 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 17.474\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.107\% < 10\%$.
- Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 15.150\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 0.044\% < 10\%$.
- Το υφιστάμενο κτίριο βρίσκεται εντός της σεισμική ζώνης 2 και κλιματική ζώνης 2:
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1980 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 19.556\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 5.356\% < 10\%$.
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1994 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 19.131\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.446\% < 10\%$.
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2008 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 17.380\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.050\% < 10\%$.
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 14.637\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 0.032\% < 10\%$.
- Το υφιστάμενο κτίριο βρίσκεται εντός της σεισμική ζώνης 1 και κλιματική ζώνης 4:
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1980 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 18.134\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 3.164\% < 10\%$.
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1994 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 18.546\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.047\% < 10\%$.
 - Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2008 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 17.224\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 1.107\% < 10\%$.

- ο Το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013 και ο λόγος συνέπειας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι $CR = 15.300\% > 10\%$ και για τα οικονομικά κριτήρια είναι $CR = 0.086\% < 10\%$.

Στα πλαίσια επεξήγησης της μεθοδολογίας για παράδειγμα οι τελικοί συντελεστές βαρύτητας για το κτίριο το οποίο βρίσκεται εντός της σεισμική ζώνης 3 και κλιματικής ζώνης 1, για τα περιβαλλοντικά κριτήρια οι συντελεστές βαρύτητας φαίνονται στον Πίνακα 18 και οι συντελεστές βαρύτητας για τα οικονομικά κριτήρια φαίνονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 18: Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα περιβαλλοντικά κριτήρια.

Environmental Criterium	FINAL WEIGHT FACTOR
Existing Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - EECF	0.411
Subsequently Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - SECF	0.276
Structural Upgrade Footprint CO2 (tons) - SUF	0.084
Existing Structure Footprint CO2 (tons) - ESF	0.083
Energy Label Upgrade Footprint CO2 (tons) - ELUF	0.048
Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - SBSMF	0.041
Subsequently Demolition Footprint CO2 (tons) - SDF	0.034
Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - EBSMF	0.011
Existing Demolition Footprint CO2 (tons) - EDF	0.010

Πίνακας 19: Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα οικονομικά κριτήρια.

Financial Criterium	FINAL WEIGHT FACTOR
Existing Energy Consumption Cost (€) - EECC	0.503
Subsequently Energy Consumption Cost (€) - SEC	0.166
Energy Label Upgrade Cost (€) - ELUC	0.123
Existing Structure Cost (€) - ESC	0.094
Structural Upgrade Cost (€) - SUC	0.070
Subsequently Demolition Cost (€) - SDC	0.026
Existing Demolition Cost (€) - EDC	0.018

Στο μοντέλο αξιολόγησης για να υπάρχει ισοζύγιο στην λήψη απόφασης λαμβάνεται ίσος ο βαθμός επηρεασμού και για τις δυο κατηγορίες συμπλεγμάτων. Ο βαθμός επηρεασμού ορίζεται στο 50% Περιβαλλοντικά - 50% Οικονομικά όπως διατυπώνονται και στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20: Πίνακας με τιμές των συντελεστών βαρύτητας για τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κριτήρια με βαθμό επηρεασμού των δυο κατηγοριών συμπλεγμάτων να είναι 50% Περιβαλλοντικά - 50% Οικονομικά.

Environmental Criterium	FINAL WEIGHT FACTOR 100%	FINAL WEIGHT FACTOR 50%
Existing Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - EECF	0.411	0.206
Subsequently Energy Consumption Footprint CO2 (tons) - SECF	0.276	0.138
Structural Upgrade Footprint CO2 (tons) - SUF	0.084	0.042
Existing Structure Footprint CO2 (tons) - ESF	0.083	0.041
Energy Label Upgrade Footprint CO2 (tons) - ELUF	0.048	0.024
Subsequently Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - SBSMF	0.041	0.021
Existing Building and Structure Maintenance Footprint CO2 (tons) - EBSMF	0.034	0.017
Subsequently Demolition Footprint CO2 (tons) - SDF	0.011	0.006
Existing Demolition Footprint CO2 (tons) - EDF	0.010	0.005
Financial Criterium	FINAL WEIGHT FACTOR 100%	FINAL WEIGHT FACTOR 50%
Existing Energy Consumption Cost (€) - EECC	0.503	0.251
Energy Label Upgrade Cost (€) - ELUC	0.166	0.083
Subsequently Energy Consumption Cost (€) - SECC	0.123	0.061
Existing Structure Cost (€) - ESC	0.094	0.047
Structural Upgrade Cost (€) - SUC	0.070	0.035
Subsequently Demolition Cost (€) - SDC	0.026	0.013
Existing Demolition Cost (€) - EDC	0.018	0.009

2.11.6 Επεξήγηση για το Στάδιο 5: Multicriteria Analysis του μοντέλου αξιολόγησης

Στο παρόν στάδιο εφαρμόζεται η πολυκριτηριακή ανάλυση των σεναρίων επέμβασης με βάση εργαλείων του λογισμικού, και γίνεται μια ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να γίνει εφικτή μια βελτιστοποίηση των ενεργειών χρησιμοποιώντας της μέθοδο Promethee και των πιο κάτω εργαλείων του λογισμικού της:

- Promethee I Μερική κατάταξη ενεργειών/Partial Ranking,
- Promethee II Πλήρη κατάταξη ενεργειών/Complete Ranking
- GAIA Plane -Γραφική κατάταξη ενεργειών

Για να γίνει όμως κατανοητό το στάδιο εκτέλεσης 5 του μοντέλου αξιολόγησης και η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης ευαισθησίας, πρέπει να κατανοήσουμε την ιεραρχία των παραμέτρων που αναφέρονται στο μοντέλο αξιολόγησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση των αναφερόμενων τάξεων με τις υποδιαιρέσεις τους. Στα πλαίσια του μοντέλου αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν συνασπισμοί σεναρίων, συμπλέγματα κριτηρίων, κατηγορίες και ομάδες κριτηρίων. Στην κορυφή της ιεραρχίας του μοντέλου αξιολόγησης είναι οι συνασπισμοί όπου αφορούν ομάδες σεναρίων

επέμβασης και η παράμετρος καθορισμού τους είναι το είδος της επέμβασης που εφαρμόζεται. Αναλυτικότερα παρουσιάζεται η εφαρμοζόμενη ιεράρχηση στο μοντέλο αξιολόγησης:

I. Συνασπισμός Σεναρίων/ Scenarios Coalition .

1. Συνασπισμός σεναρίων Α με ορισμό του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής 50,75,100 χρόνια.
2. Συνασπισμός σεναρίων Β με ορισμό του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής 50, 75, 100 χρόνια
3. Συνασπισμός σεναρίων Γ με ορισμό του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής 50, 75, 100 χρόνια

Στην συνέχεια υπάρχει ανάλυση των συμπλεγμάτων των κριτηρίων, όπου και ορίστηκαν δυο συμπλέγματα κριτηρίων για την μεθοδολογία και τα ίδια αντικατοπτρίζουν τους προτεινόμενους δείκτες απόφασής:

II. Σύμπλεγμα κριτηρίων / (Criterium Clusters)

a. Σύμπλεγμα περιβαλλοντικών κριτηρίων (Environmental)-(G.B.G.C) Index ■.

Ο αναφερόμενος δείκτης και το αναφερόμενο Σύμπλεγμα Κριτηρίων αποτυπώνεται στα διαγράμματα με πράσινο χρώμα και περιλαμβάνει τις πιο κάτω ομάδες κριτηρίων με την κάθε ομάδα να περιλαμβάνει τα αναφερόμενα κριτήρια:

1. Ενεργειακή Κατανάλωση/Energy Consumption

- Cooling Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Heating Consumption Footprint CO₂ (tons)
- Lights Footprint CO₂ (tons)
- Hot Water Footprint CO₂ (tons)
- Air Ventilation Footprint CO₂ (tons)
- Electricals Appliances Consumption Footprint CO₂ (tons)

2. Ενσωματωμένη Ενέργεια/Embodied Energy

- Concrete Footprint CO₂ (tons)
- Steel Footprint CO₂ (tons)
- Masonry Walls CO₂ (tons)
- Timber Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)

3. Παθητική Θερμομόνωση/Passive Thermal Insulation

- Windows/Doors Footprint CO₂ (tons)
- Wall Insulation Footprint CO₂ (tons)
- Roof Insulation Footprint CO₂ (tons)

4. Ανανεώσιμες Ενέργειες/Renewable Energy

- Renewable Energy Footprint CO₂ (tons)

b. Σύμπλεγμα οικονομικών κριτηρίων (Financial)–(B.B.I) Index ■.

Ο αναφερόμενος δείκτης και το αναφερόμενο Σύμπλεγμα Κριτηρίων αποτυπώνεται στα διαγράμματα με μπλε χρώμα και περιλαμβάνει τις πιο κάτω ομάδες κριτηρίων με την κάθε ομάδα να περιλαμβάνει τα αναφερόμενα κριτήρια:

1. Ενεργειακή Κατανάλωση/Energy Consumption – ■.

- Cooling Consumption Cost (€)
- Heating Consumption Cost (€)
- Lights Cost (€)
- Hot Water Cost (€)
- Air Ventilation Cost (€)
- Electricals Appliances Consumption Cost (€)

2. Ενσωματωμένη Ενέργεια/Embodied Energy ■.

- Concrete Cost (€)
- Steel Cost (€)
- Masonry Walls Cost (€)
- Timber Cost (€)

3. Παθητική Θερμομόνωση/Passive Thermal Insulation ■.

- Windows/Doors Cost (€)
- Wall Insulation Cost (€)
- Roof Insulation Cost (€)

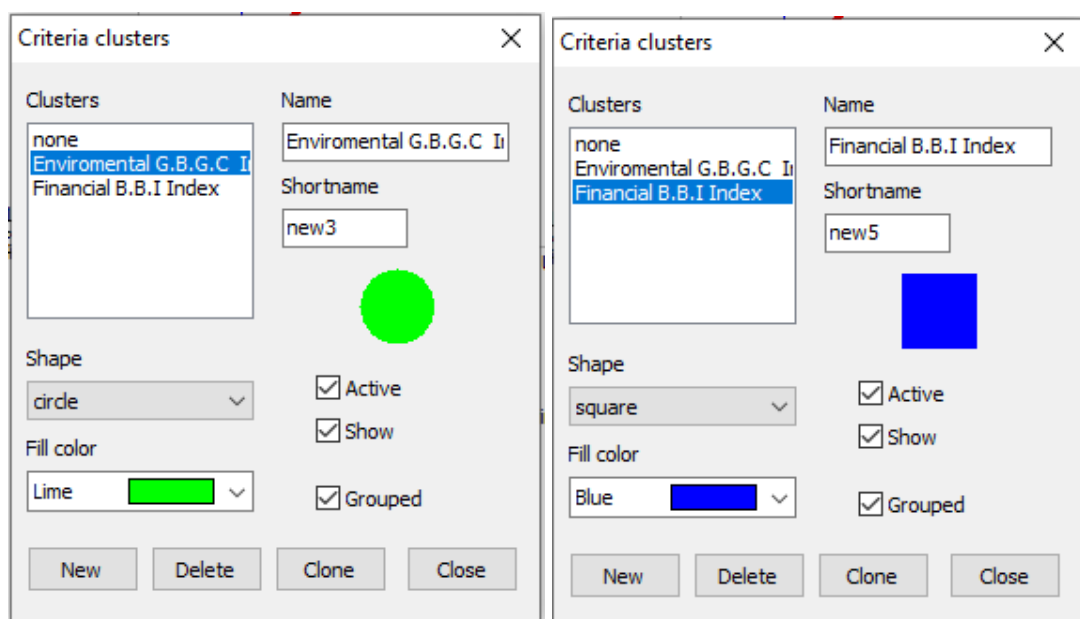
4. Ανανεώσιμες Ενέργειες/Renewable Energy ■.

- Renewable Energy Cost (€)

Εφόσον τα συμπλέγματα στην πολυκριτηριακή ανάλυσης, ορίζονται από ένα υποσύνολο κριτηρίων, και το εν λόγω κριτήριο είναι το ανώτερο επίπεδο ιεράρχησης στην ιεραρχία κριτηρίων στην μέθοδο Promethee, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι για αυτό το λόγο

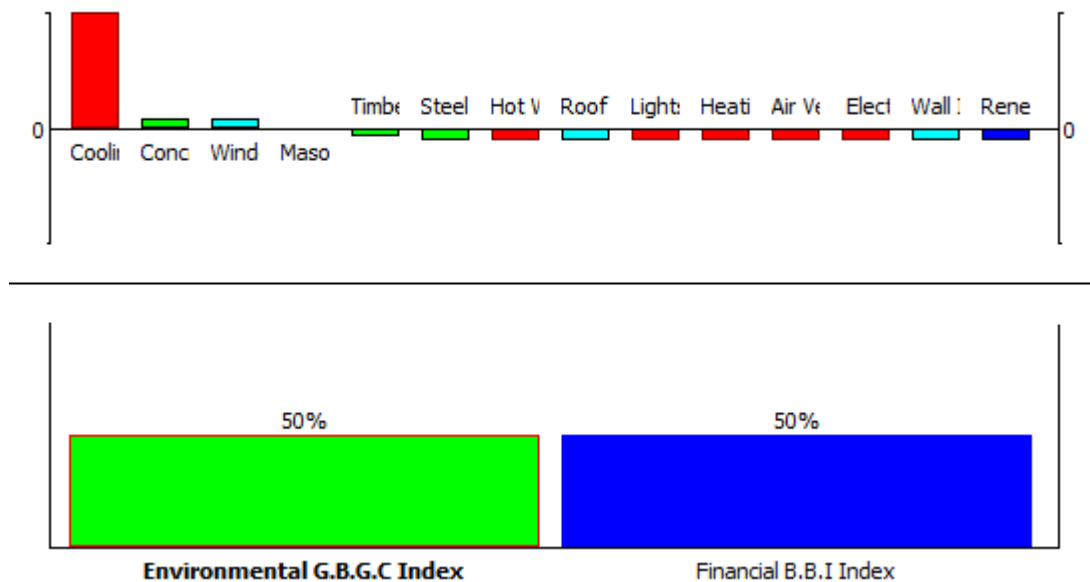
τα συμπλέγματα των κριτηρίων, αποτυπώνουν τους δυο δείκτες απόφασής στο μοντέλο αξιολόγησης. Ένα σύμπλεγμα ως μία ομάδα κριτηρίων, ορίζει και τον δείκτη κατεύθυνσης όλης της ομάδας και είναι ευκολότερο να εντοπιστεί ο βαθμός επηρεασμού, της κάθε ενέργειας, προς ποιο σύμπλεγμα των κριτηρίων συγκλίνει. Εάν συγκλίνει προς το περιβαλλοντικό τότε αναζητάμε τους περιβαλλοντικού λόγους, εάν συγκλίνει προς το οικονομικό σύμπλεγμα κριτηρίων τότε αναζητάμε τους οικονομικούς λόγους. Επίσης με την δυνατότητα που παρέχει το εργαλείο του λογισμικού, μας επιτρέπεται να επηρεάσουμε το βαθμό επηρεασμού των δυο συμπλεγμάτων, δηλαδή τους συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων. Άρα είναι εφικτό, εάν είναι επιθυμητό από τον χρήστη, ο τελικός δείκτης απόφασης να τείνει να ταυτιστεί είτε με το περιβαλλοντικό δείκτη, δηλαδή 100% συντελεστή βαρύτητας για το περιβαλλοντικό σύμπλεγμα, είτε με τον οικονομικό δείκτη, δηλαδή 100% συντελεστή βαρύτητας για τον οικονομικό σύμπλεγμα, βασικά ανάλογα με την πολιτική που επιθυμεί ο χρήστης να εφαρμόσει.

Στη αναφερόμενη μεθοδολογία, τα συμπλέγματα (δείκτες) αντικατοπτρίζονται στο λογισμικό και στα σχεδιαγράμματα των αναλύσεων με τα πιο κάτω χρώματα. Στο διάγραμμα 9 παρουσιάζονται τα χρώματα των συμπλεγμάτων όπου το πράσινο χρώμα είναι το σύμπλεγμα των περιβαλλοντικών και ο δείκτης ‘Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) Index’ και το μπλε είναι το σύμπλεγμα των οικονομικών και ο δείκτης ‘Blue Building Investment (B.B.I) Index’.



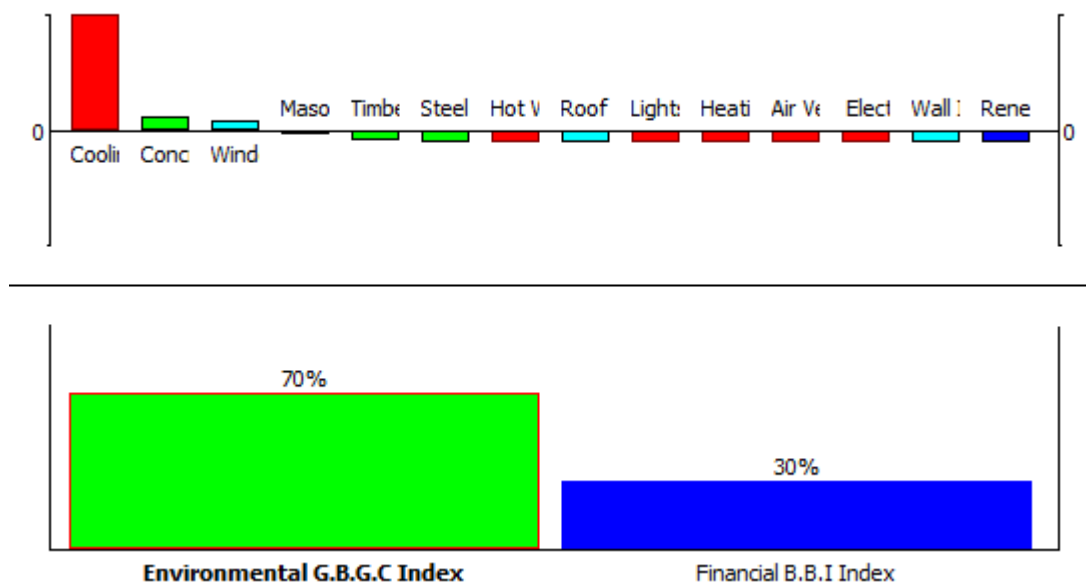
Διάγραμμα 9: Χρωματισμοί που παρουσιάζονται οι δείκτες στο μοντέλο αξιολόγησης

Στο διάγραμμα 11 εμφανίζεται ο βαθμός επηρεασμού των ενεργειών όταν οι συντελεστές βαρύτητας των δυο κατηγοριών συμπλεγμάτων είναι 50% Περιβαλλοντικά - 50% Οικονομικά. Επίσης αποτυπώνονται και οι χρωματισμοί των κατηγοριών των ενεργειών όπου η κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης είναι κόκκινο χρώμα, η κατηγορία της εμποτισμένης ενέργειας είναι πράσινο χρώμα, η κατηγορία της παθητικής θερμομόνωσης είναι γαλάζιο χρώμα και η κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μπλε χρώμα.



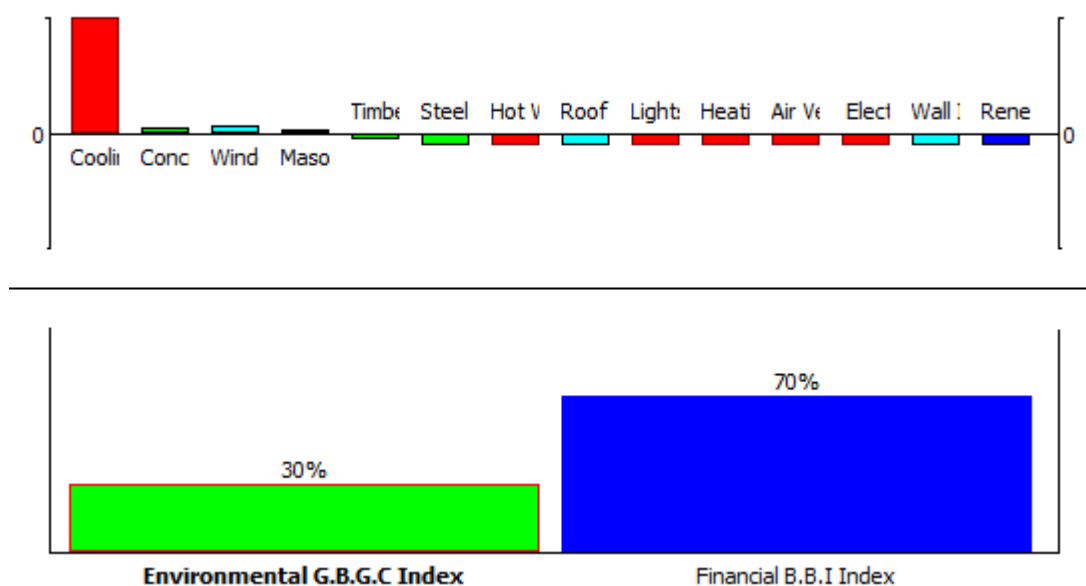
Διάγραμμα 10: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων

Στο διάγραμμα 11, εμφανίζεται ο βαθμός επηρεασμού των ενεργειών όταν οι συντελεστές βαρύτητας των δυο κατηγοριών συμπλεγμάτων είναι 70% Περιβαλλοντικά - 30% Οικονομικά. Είναι εμφανές ότι η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος και της ενέργειας των ανοιγμάτων αυξάνεται. Οι διαφορές είναι εμφανείς όταν ο βαθμός επιρροής μιας συγκεκριμένης ενέργειας επηρεάζεται πιο πολύ από το ένα από τα δύο συμπλέγματα, τότε όταν ο συντελεστής βαρύτητας αυτού του συμπλέγματος αυξάνεται, τότε αυξάνεται και ο βαθμός επιρροής αυτής της ενέργειας. Εάν ο βαθμός επηρεασμού μια ενέργειας, είναι ο ίδιος και προς τα δυο συμπλέγματα, τότε η συγκεκριμένη ενέργεια είναι ουδέτερη προς την αλλαγή αυτή.



Διάγραμμα 11: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων

Στο διάγραμμα 12, εμφανίζεται ο βαθμός επηρεασμού των ενεργειών, όταν οι συντελεστές βαρύτητας των δυο κατηγοριών συμπλεγμάτων είναι 30% Περιβαλλοντικά - 70% Οικονομικά. Είναι εμφανές ότι η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος και της ενέργειας των ανοιγμάτων μειώνεται. Οι διαφορές είναι πιο εμφανείς σε αναφερόμενες ενέργειες που επηρεάζουν περισσότερο το σύμπλεγμα του περιβάλλοντος σε σύγκριση με το σύμπλεγμα το οικονομικού αποτυπώματος.



Διάγραμμα 12: Συντελεστές βαρύτητας των συμπλεγμάτων

Όσο αφορά τους συντελεστές βαρύτητας μεταξύ των οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων είναι προτιμότερο να γίνεται στη βάση της πολιτική του κάθε κράτους, δηλαδή ένα κράτος θα μπορεί να εισηγηθεί σχέδιο επιχορήγησης και ο συντελεστή βαρύτητας του οικονομικού συμπλέγματος να περιοριστεί από το ποσοστό του 50% στο ποσοστό 30%. Με αυτή την αλλαγή θα έχουμε μειωμένη οικονομική επιρροή στο 30% έναντι της αυξημένης περιβαλλοντική επιρροής από το 50% στο 70 %. Η μείωση της οικονομικής επιρροής έχει ως αποτέλεσμα να μειώνει την οικονομική επιρροή των ενεργειών στο τελικό άξονα απόφασης του μοντέλου αξιολόγησης στο 30% και να αυξάνει την περιβαλλοντική επιρροή στο τελικό άξονα απόφασης του μοντέλου αξιολόγησης. Επομένως στις τελικές αποφάσεις θα υπερισχύουν τα περιβαλλοντικά έναντι των οικονομικών κριτηρίων. Για την περίπτωση της μελέτης που έγινε λήφθηκε υπόψη το 50% Οικονομικά και 50% Περιβαλλοντικά. Κατά την διάρκεια του σταδίου 5 του μοντέλου αξιολόγησης είναι εφικτό να γίνεται και παραμετρική ανάλυση των συντελεστών βαρύτητας των συμπλεγμάτων κριτηρίων ώστε ο χρήστης να εντοπίζει ποιες από τις ενέργειες και ποιο σύμπλεγμα κριτηρίων είναι περισσότερο επιρρεπές στην μεταβολή αυτή, ώστε εάν περιοριστεί το αποτύπωμα μιας συγκεκριμένης ενέργειας για το συγκεκριμένο σύμπλεγμα κριτηρίων να μειωθεί και το συνολικό αποτύπωμα του αναφερόμενου συμπλέγματος. Αυτό με την ανάλογη τροποποίηση της ενέργειας θα βοηθήσει και ενδεχομένως να οδηγήσει σε μια πιο βελτιωμένη επέμβαση αναβάθμισης.

Στην συνέχεια της ροής του σταδίου 5, όταν οριστούν οι ενέργειες, οι κατηγορίες ενεργειών, τα κριτήρια, οι ομάδες κριτηρίων, τα συμπλέγματα κριτηρίων, τα σενάρια επέμβασης και οι συνασπισμοί σεναρίων, τότε εισάγονται οι τιμές μονάδας της κάθε ενέργειας και οι συντελεστές βαρύτητας του κάθε κριτηρίου. Στο διάγραμμα 13 εμφανίζεται το πεδίο που εισάγονται τα δεδομένα στο λογισμικό της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Τα δεδομένα εισάγονται στα πεδία των ενεργειών ανά κριτήριο, ανά σενάριο επέμβασης και στο άνω μέρος του πεδίου εισάγονται οι συντελεστές βαρύτητας όπου υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο 4. Οι συντελεστές βαρύτητας επαναπροσδιορίζονται μόνο όταν γίνεται τροποποίηση των ενεργειών.

Στην συνέχεια το λογισμικό χρησιμοποιεί την συνάρτηση προτίμησης $P_j(a,b)$, όπου είναι μια συνάρτηση της διαφοράς d_j μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων για οποιοδήποτε κριτήριο j , δηλ. $d_j = f(a_j) - f(b_j)$, όπου $f(a_j)$ και $f(b_j)$ είναι τιμές δύο εναλλακτικών λύσεων a και b για το κριτήριο j . Τα όρια αδιαφορίας και προτίμησης q και p καθορίζονται επίσης ανάλογα με τον τύπο της συνάρτησης κριτηρίου που επιλέγεται. Δύο εναλλακτικές λύσεις είναι αδιάφορες για το κριτήριο j , εφ' όσον το d_j δεν υπερβαίνει το όριο αδιαφορίας q . Εάν το d_j αυξάνει έναντι του p , υπάρχει μια αυστηρή προτίμηση. Η έννοια αυτών των παραμέτρων είναι η ακόλουθη: όταν η διαφορά είναι μικρότερη από το όριο αδιαφορίας, θεωρείται αμελητέα από τον υπεύθυνο λήψης αποφάσεων. Επομένως, ο αντίστοιχος βαθμός προτίμησης μη κριτηρίου είναι μηδέν. Εάν η διαφορά υπερβαίνει το όριο προτιμήσεων, θεωρείται σημαντική. Επομένως, ο βαθμός προτίμησης του κριτηρίου είναι ίσος με έναν (η μέγιστη τιμή). Όταν η διαφορά είναι μεταξύ των δύο κατωφλίων, υπολογίζεται μια ενδιάμεση τιμή για τον βαθμό προτίμησης χρησιμοποιώντας μια γραμμική παρεμβολή.

Ο δείκτης προτίμησης πολλαπλών κριτηρίων, $\pi(a, b)$, ο οποίος αποτελεί σταθμισμένο μέσο όρο των συναρτήσεων προτίμησης $P_j(a, b)$ για όλα τα κριτήρια, ορίζεται ως εξής:

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^J (w_j P_j(a, b))}{\sum_{j=1}^J w_j} \quad (11)$$

Το άθροισμα των καταλόγων $\Pi(a, i)$ που δείχνουν προτίμηση της εναλλακτικής λύσης a από όλες τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, αποδίδεται ως "εξερχόμενη ροή", $\varphi^+(a)$, και υποδεικνύει πόσο "καλή" είναι η εναλλακτική λύση a . Η εναλλακτική λύση με τη ψηλότερη εξερχόμενη ροή ορίζεται ως εξής:

$$\varphi^+(a) = \sum_A \pi(a, b) \quad (12)$$

Το άθροισμα των καταλόγων $\Pi(i, a)$ προτίμησης όλων των άλλων εναλλακτικών λύσεων συγκρινόμενες με την a , αποδίδεται ως "εισερχόμενη ροή", $\varphi^-(a)$, και δείχνει πόσο «κατώτερη» είναι η εναλλακτική λύση a . Η εναλλακτική λύση με τη χαμηλότερη εισερχόμενη ροή ορίζεται ως εξής:

$$\varphi^-(a) = \sum_A \pi(b, a) \quad (13)$$

Γενικά ισχύει:

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (14)$$

όπου, w_j είναι η βαρύτητα του κριτηρίου j , $\phi^+(a)$ ο δείκτης επικράτησης του a στο σύνολο των εναλλακτικών λύσεων A , $\phi^-(a)$ ο αντίθετος δείκτης και $\phi(a)$ η καθαρή

Σύμφωνα με την μέθοδο Promethee, η εναλλακτική λύση α είναι ανώτερη από την εναλλακτική λύση β , εάν: $\phi^+(\alpha) > \phi^+(\beta)$ και $\phi^-(\alpha) < \phi^-(\beta)$. Η ισοτιμία της ϕ^+ και ϕ^- υποδεικνύει την αδιαφορία ανάμεσα στις δυο συγκρινόμενες επιλογές. Σε περίπτωση που οι εξερχόμενες ροές υποδεικνύουν ότι η α είναι καλύτερη της β , ενώ οι εισερχόμενες ροές το αντίθετο, οι δυο ενέργειες θεωρούνται ασύγκριτες. Οι εναλλακτικές λύσεις α και β είναι μη συγκρίσιμες εάν $\phi^+(\alpha) > \phi^+(\beta)$ και $\phi^-(\alpha) > \phi^-(\beta)$ ή $\phi^+(\alpha) < \phi^+(\beta)$ και $\phi^-(\alpha) < \phi^-(\beta)$.

Ο πίνακας πλήρης κατάταξης της μεθόδου Promethee όπως αποτυπώνεται αφορά τις τιμές εξερχόμενης και εισερχόμενης ροής της κάθε ενέργειας. Κάτω από την στήλη Φ^+ είναι η εξερχόμενη ροή και όλες οι τιμές έχουν θετικό πρόσημο και οι τιμές κάτω από την στήλη Φ^- είναι η εισερχόμενη ροή και όλες οι τιμές έχουν αρνητικό πρόσημο. Η στήλη Φ αφορά το άθροισμα των δυο στηλών της κάθε ενέργειας και η ενέργεια παίρνει την τελική τιμή και το πρόσημο που υπερισχύει.

Για τις ανάγκες επεξήγησης της χρήσης του μοντέλου αξιολόγησης θα αναλυθεί μελέτη περίπτωσης υφιστάμενου κτιρίου για τους τρεις συνασπισμούς και για διαφορετικούς αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής 50, 75 και 100 χρόνια. Στη συνέχεια θα γίνει η επεξήγηση της εισαγωγής των στοιχείων των υφιστάμενων κτιρίων για κάθε περίπτωση και θα επεξηγούνται αναλυτικά η κατάταξη των ενεργειών τους για το κάθε σενάριο επέμβασης, για όλους τους διαφορετικούς αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.

2.11.6.1 Σενάριο A_{50} και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 50 χρόνια με την μέθοδο Promethee.

Για το συνασπισμό A, εξετάστηκε το σενάριο A_{50} . Δηλαδή υφιστάμενο κτίριο με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια. Έγινε η καταγραφή των ενεργειών του, όπως εμφανίζονται στο διάγραμμα 14. Με βάση τα εργαλεία που παρέχει το λογισμικό (Visual Promethee Academic)[132], αναλύθηκαν όλες οι ενέργειες και εντοπίστηκαν ποιες κυριαρχούν στο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα του σεναρίου A_{50} .

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File

Edit

Model

Control

PROMETHEE-GAIA

GDSS

GIS

Custom

Assistants

Snapshots

Options

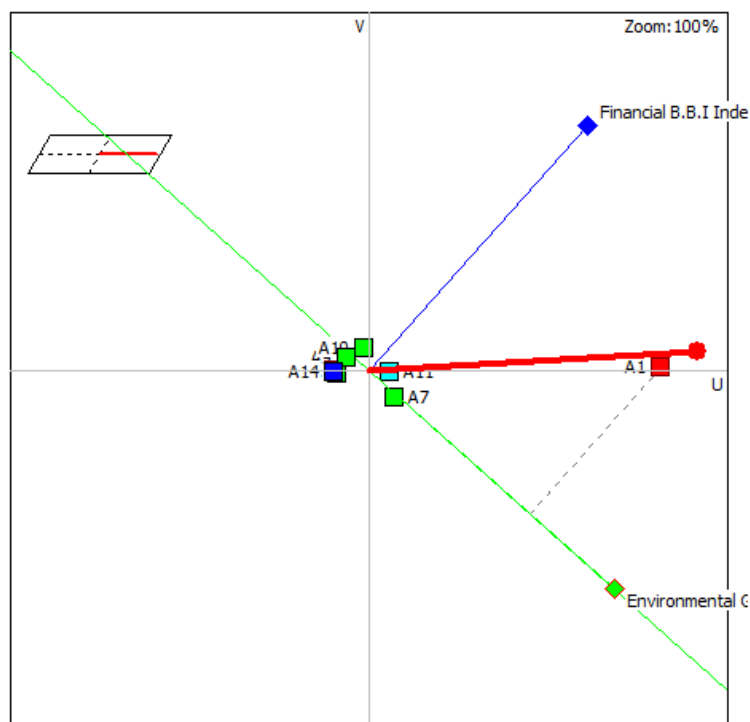
Help

Διάγραμμα 14: Σενάριο A₅₀ τιμές ενεργειών

Σε κάθε περίπτωση εντοπίζεται το μέγεθος επηρεασμού της κάθε ενέργειας ως προς το άξονα του κάθε δείκτη, δηλαδή προς τον άξονα του συμπλέγματος των περιβαλλοντικών κριτηρίων, είναι ο άξονας με πράσινο χρώμα στο διάγραμμα 15 και προς τον άξονα του συμπλέγματος των οικονομικών κριτηρίων, είναι ο άξονας με μπλε χρώμα στο διάγραμμα 16. Η τιμή της κάθε ενέργειάς προκύπτει από την κάθετη προβολή προς τον ζητούμενο άξονα. Δηλαδή όπως εμφανίζεται και στο διάγραμμα 15 η απόσταση από τη τομή των αξόνων U-V μέχρι το σημείο της κάθετης προβολής της ενέργειας για την ψύξη (A1) είναι ο βαθμός επηρεασμού του αποτελέσματος της εν λόγω ενέργειας ως προς τις άλλες ενέργειες. Από το διάγραμμα 15 η ενέργεια της ψύξης (A1) εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Στα διαγράμματα εμφανίζεται και ο βαθμός επηρεασμού για όλες τις ενέργειες όπου για αυτές που είναι δεξιά της τομής των αξόνων U-V όπου έχουν θετικές τιμές και για αυτές που είναι αριστερά και έχουν αρνητικές τιμές. Επίσης μέσω των διαγραμμάτων 15 και 16 υπάρχει η δυνατότητα της σύγκριση της επιρροής της κάθε ενέργειας ως προς τον άξονα απόφασης, τον άξονα με κόκκινο χρώμα. Οι συντομογραφίες των ονομασιών της κάθε ενέργειας στα διαγράμματα επεξηγούνται στο πίνακα 21.

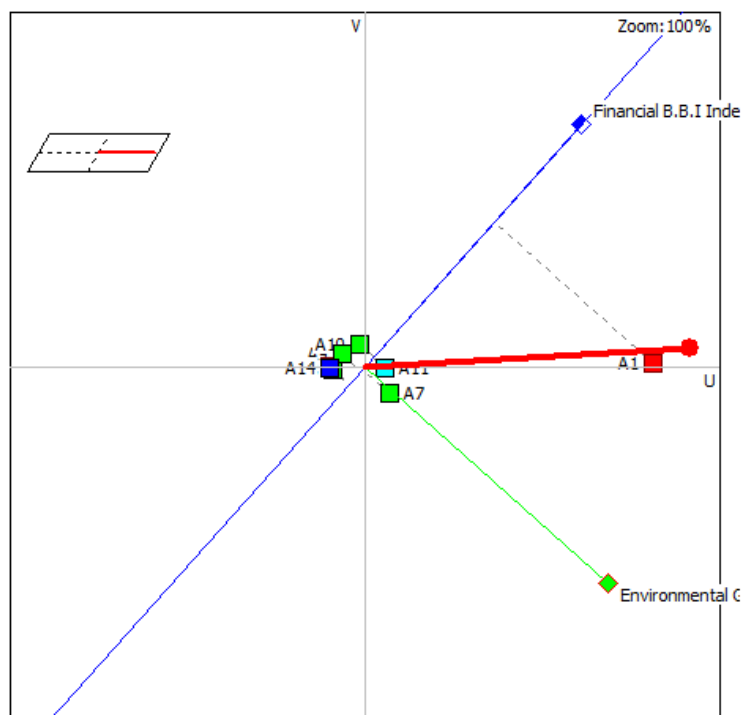
Πίνακας 21: Πίνακας αρίθμησης των ενεργειών του μοντέλου αξιολόγησης.

A/A	ACTIONS
A1	Cooling
A2	Heating
A3	Hot Water
A4	Lights
A5	Air Ventilation
A6	Electricals Appliances
A7	Concrete
A8	Steel
A9	Timber
A10	Masonry Walls
A11	Windows/Doors
A12	Wall Insulation
A13	Roof Insulation
A14	Renewable Energy



Διάγραμμα 15: Σενάριο A₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

Στο διάγραμμα 15 εμφανίζεται ότι η ενέργεια που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις άλλες ενέργειες όσο αφορά και τα οικονομικά κριτήρια, είναι η ενέργεια της ψύξης (A1) του κτιρίου, ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7) και τρίτη είναι η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (A11).



Διάγραμμα 16: Σενάριο A₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Στο διάγραμμα 16 εμφανίζεται ότι η επιρροή της ενέργειας που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις άλλες ενέργειες όσο αφορά και τα οικονομικά κριτήρια, είναι και πάλι η ενέργεια της ψύξης (A1) του κτιρίου, ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (A11) και τρίτη είναι η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7). Αυτό οφείλεται στο ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του σκυροδέματος, είναι μεγαλύτερο από το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ανοιγμάτων. Παρατηρήσαμε όμως ότι στο αποτύπωμα του οικονομικού κόστους συμβαίνει το αντίστροφο.

Γενικά από τα διαγράμματα 15 και 16 εμφανίζονται ότι οι ενέργειες όπου επηρεάζουν το οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση της ροή επηρεασμού μέσω της σύγκριση που εφαρμόζεται στην πολυκριτηριακή μέθοδο. Στον πίνακα 22, οι ενέργειες που βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα είναι οι πιο περιβαλλοντικά και οικονομικά δυσμενέστερες και στο πίνακα 22 γίνεται η πλήρη κατάταξη των ενεργειών που αφορούν το σενάριο A₅₀.

Ως εκ τούτου ο πίνακας 22 αποτυπώνει την πλήρη κατάταξη των ενεργειών της μεθόδου Promethee και αφορά τις τιμές εξερχόμενης και εισερχόμενης ροής της κάθε ενέργειας. Κάτω από την στήλη Phi+ είναι η εξερχόμενη ροή και όλες οι τιμές έχουν θετικό πρόσημο

και οι τιμές κάτω από την στήλη Phi- είναι η εισερχόμενη ροή και όλες οι τιμές έχουν αρνητικό πρόσημο. Η στήλη Phi αφορά το άθροισμα των δυο στηλών της κάθε ενέργειας και η ενέργεια παίρνει την τελική τιμή και το πρόσημο που υπερισχύει.

Πίνακας 22: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A₅₀.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,6259	0,6497	0,0238
2	Concrete	■	0,0508	0,1054	0,0546
3	Windows/Doors	■	0,0436	0,0987	0,0551
4	Masonry Walls	■	-0,0070	0,0513	0,0583
5	Timber	■	-0,0470	0,0186	0,0656
6	Steel	■	-0,0675	0,0000	0,0675
7	Hot Water	■	-0,0738	0,0000	0,0738
8	Roof Insulation	■	-0,0739	0,0000	0,0739
9	Lights	■	-0,0751	0,0000	0,0751
10	Heating	■	-0,0752	0,0000	0,0752
10	Air Ventilation	■	-0,0752	0,0000	0,0752
10	Electricals Appliances	■	-0,0752	0,0000	0,0752
10	Wall Insulation	■	-0,0752	0,0000	0,0752
10	Renewable Energy	■	-0,0752	0,0000	0,0752

Επομένως από τον πίνακα 22, δηλαδή τον πίνακα κατάταξης για το σενάριο A₅₀, εμφανίζονται για το σενάριο ποιες ενέργειες έχουν θετική εξερχόμενη ροή επομένως περιβαλλοντικά και οικονομικά είναι δυσμενέστερες από όλες τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, και αυτό αποδίδεται στην "εξερχόμενη ροή", $\phi^+(a)$, και υποδεικνύει δηλαδή πόσο "μεγαλύτερο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα " έχουν ως εναλλακτική λύση α. Στην περίπτωση της εισερχόμενης ροής δηλαδή την προτίμηση όλων των άλλων εναλλακτικών λύσεων συγκρινόμενες με την α, αποδίδεται ως "εισερχόμενη ροή", $\phi^-(a)$, και δείχνει πόσο «μικρότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα " είναι η εναλλακτική λύση α.

Στον πίνακα κατάταξης επιρροής, πίνακα 22, εμφανίζονται όλες οι κύριες ενέργειες που ενδεχομένως να χρήζουν βελτίωση. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη επιρροή έχει μια ενέργεια στο πίνακα 22, δηλαδή βρίσκεται στην κορυφή της κατάταξης, τότε η συγκεκριμένη ενέργεια επιρροής, έχει μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης. Η βελτίωση της επιτυγχάνεται με τροποποίηση της ενέργειας μέσω αντικατάσταση του δομικού υλικού ή του

μηχανολογικού συστήματος με εισήγησης αντικατάστασης υλικού ή μηχανολογικού συστήματος με αποδοτικότερο ή οικονομικότερο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι ενέργειες που χρίζουν βελτίωση, εμφανίζεται να είναι οι ενέργειες που εμπίπτουν στις κατηγορίες της ενεργειακής κατανάλωσης, της ενσωματωμένης ενέργειας αλλά και της παθητικής θερμομόνωσης. Επομένως για το υφιστάμενο κτίριο όπου αποτυπώνεται από το Σενάριο A₅₀ για να βελτιωθεί περιβαλλοντικά και οικονομικά προτείνονται οι πιο κάτω επεμβάσεις:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων κυρίως ψύξης για να βελτιωθούν οι εν λόγω ενέργειες.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου για να βελτιωθούν περαιτέρω οι ενέργειες που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση.

Το αποτέλεσμα των τροποποιήσεων των πιο πάνω εισηγήσεων θα αποτυπωθούν στο σενάριο B₅₀.

2.11.6.2 Σενάριο A₇₅ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 75 χρόνια με την μέθοδο Promethee.

Για το συνασπισμό A, το σενάριο A₇₅, δηλαδή με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 75 χρόνια. Εξετάστηκε η περίπτωση υφιστάμενου κτιρίου όταν αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί η περίπτωση όπου ένα υφιστάμενο κτίριο έχει ξεπεράσει το προσδόκιμο χρόνο σχεδιασμού και είναι όμως σε λειτουργία. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως το σενάριο A₅₀ και συγκεντρώσαμε τα κύρια αποτελέσματα. Δηλαδή για το σενάριο A₇₅ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως εμφανίζεται στο διάγραμμα 17. Αποτέλεσμα και για το σενάριο A₇₅ είναι ότι εμφανίζεται από το διάγραμμα 18 ότι η ενέργεια της ψύξης (A1) έχει πάλι το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια. Επίσης η ενέργεια του σκυροδέματος (A7) επηρεάζει περισσότερο το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από ότι το οικονομικό εφόσον βρίσκεται και πλησιέστερα στο περιβαλλοντικό δείκτη κριτηρίων από ότι στο οικονομικό δείκτη κριτηρίων και από το διάγραμμα 19 προκύπτει ότι η ενέργεια που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια είναι πάλι η ενέργεια της ψύξης (A1). Επιπρόσθετα εμφανίζονται και στα διαγράμματα 18 και 19 ποιες είναι οι ενέργειες όπου επηρεάζουν

το οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση της ροή επηρεασμού μέσω της σύγκριση αλλά στον πίνακα επιρροής 23, γίνεται η πλήρη κατάταξη των ενεργειών, για το σενάριο A₇₅. Στο πίνακα 23, οι ενέργειες στην κορυφή είναι πιο περιβαλλοντικά και οικονομικά δυσμενέστερες και για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι η ενέργεια της ψύξης (A1) που κυριαρχεί και ακολουθεί η ενέργεια του σκυροδέματος (A7) και η ενέργεια των ανοιγμάτων (A11) όπου είναι οι ίδιες με το σενάριο A₅₀.

Στον πίνακα επιρροής 23, εντοπίζονται και οι κύριες ενέργειες που ενδεχομένως να χρήζουν βελτίωση. Όπως αναφέραμε και νωρίτερα όσο μεγαλύτερη επιρροή έχει μια ενέργεια στο πίνακα τότε τόσο πιο τεκμηριωμένη είναι η ένδειξη για τον μελετητή ότι χρήζει προσπάθεια βελτίωσης του συστήματος που την αποτελεί για να βελτιωθεί.

Επομένως για το υφιστάμενο κτίριο με ηλικία πέραν του προσδόκιμου χρόνου σχεδιασμού όπου αποτυπώνεται από το Σενάριο A₇₅ για να είναι το κτίριο οικονομικά και περιβαλλοντικά ευμενέστερο προτείνονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων κυρίως ψύξης για να βελτιωθούν οι εν λόγω ενέργεια.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου και να βελτιωθούν περαιτέρω οι ενέργειες που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση.

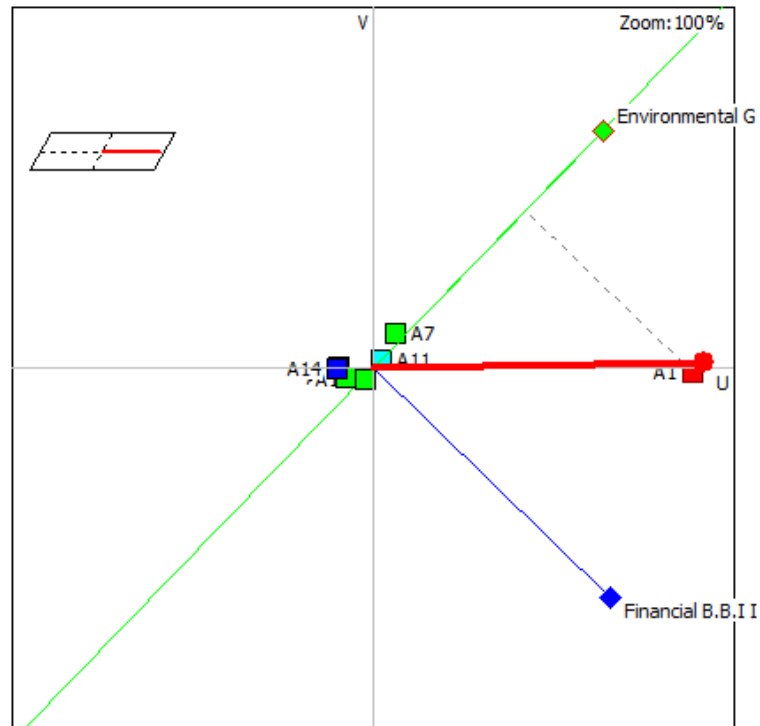
Το αποτέλεσμα των τροποποιήσεων των πιο πάνω εισηγήσεων θα αποτυπωθούν στο σενάριο B₇₅.

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

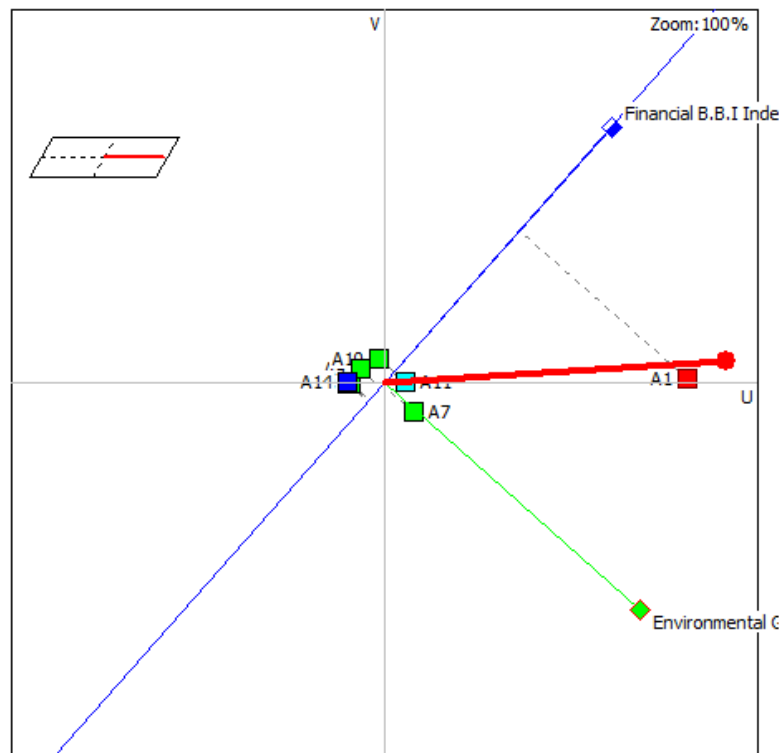
FileEditModelControlPROMETHEE-GAIAGDSSGISCustomAssistantsSnapshotsOptionsHelp

</

Διάγραμμα 17: Σενάριο A₇₅ τιμές ενεργειών



Διάγραμμα 18: Σενάριο A_{75} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

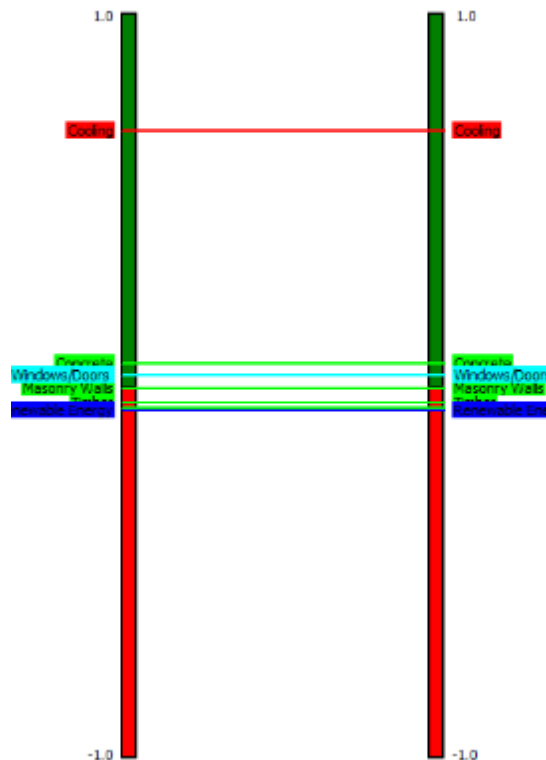


Διάγραμμα 19: Σενάριο A_{75} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 23: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A₇₅.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,6273	0,6517	0,0244
2	Concrete	■	0,0559	0,1106	0,0547
3	Windows/Doors	■	0,0431	0,0988	0,0558
4	Masonry Walls	■	-0,0060	0,0529	0,0589
5	Timber	■	-0,0476	0,0186	0,0663
6	Steel	■	-0,0682	0,0000	0,0682
7	Hot Water	■	-0,0745	0,0000	0,0745
8	Roof Insulation	■	-0,0747	0,0000	0,0747
9	Lights	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Heating	■	-0,0759	0,0000	0,0759
10	Air Ventilation	■	-0,0759	0,0000	0,0759
10	Electricals Appliances	■	-0,0759	0,0000	0,0759
10	Wall Insulation	■	-0,0759	0,0000	0,0759
10	Renewable Energy	■	-0,0759	0,0000	0,0759

Στο διάγραμμα 21 εμφανίζεται η σύγκριση των ενεργειών του υφιστάμενου κτιρίου για τα σενάρια A₅₀ και A₇₅.



Διάγραμμα 20: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₅₀ αριστερά με το Σενάριο A₇₅ στα δεξιά.

Το διάγραμμα 20 αποτυπώνει την κατάταξη των ενεργειών των αναφερόμενων σεναρίων συγκριτικά μεταξύ τους. Στην προκειμένη περίπτωση αφορά σενάρια του ίδιου

συνασπισμού αλλά με διαφορετικό αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Από την σύγκριση των δυο σεναρίων A_{50} και A_{75} εμφανίζεται ότι δεν υπάρχουν κάποιες αλλαγές στην σειρά κατάταξης των ενεργειών παρόλο που υπήρχε αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής σε 75 χρόνια. Η μεταβολή του χρόνου λειτουργίας επηρεάζει το τελικό αποτύπωμα αλλά δεν αλλάζει τους βαθμούς επιρροής των ενεργειών. Επομένως είναι ένδειξη ότι για το υφιστάμενο κτίριο της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης έστω και εάν αυξήσουμε τον τελικό χρόνο ζωής με μηδενική ενσωματωμένη ενέργεια, οι ενέργειες παραμένουν σχεδόν σταθερές στην κατάταξη του βαθμού επηρεασμού του τελικού αποτυπώματος. Επομένως με βάση τους δείκτες απόφασης και με την παραδοχή του αρχικού προσδόκιμου χρόνου να είναι τα 75 χρόνια, το σενάριο A_{75} για το υφιστάμενο κτίριο είναι σε ελάχιστα καλύτερη θέση περιβαλλοντικά από το σενάριο A_{50} αλλά είναι σε ελάχιστα δυσμενέστερη θέση οικονομικά από το σενάριο A_{50} με τον τελικό δείκτη απόφασης να επιλέγει το σενάριο A_{75} .

2.11.6.3 Σενάριο A_{100} και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 100 χρόνια με την μέθοδο Promethee.

Για το συνασπισμό A, το σενάριο A_{100} , δηλαδή με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια. Εξετάστηκε η περίπτωση υφιστάμενου κτιρίου όταν αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί η περίπτωση όπου ένα υφιστάμενο κτίριο έχει ξεπεράσει το προσδόκιμο χρόνο σχεδιασμού και είναι όμως σε λειτουργία. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως το σενάριο A_{50} και A_{75} συγκεντρώσαμε τα κύρια αποτελέσματα. Δηλαδή για το σενάριο A_{100} γίνεται η καταγραφή των ενεργειών όπως φαίνονται στο πιο κάτω διάγραμμα 21. Από το διάγραμμα 23 εντοπίζεται η ενέργεια που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι η ενέργεια της ψύξης ($A1$). Στο διάγραμμα 23 εμφανίζεται ότι πάλι η ενέργεια που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια είναι η ενέργεια της ψύξης ($A1$). Παρόλο που ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής είναι πολύ μεγαλύτερος η ψύξη πάλι υπερσχύει έναντι των άλλων ενεργειών. Από τον πίνακα 24 αποτυπώνεται η πλήρης κατάταξη των ενεργειών και προκύπτει ότι οι ενέργειες που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης είναι και πάλι στην κορυφή της σειράς κατάταξης. Η επιρροή της ψύξης ($A1$) είναι η κυρίαρχος ενέργεια του συγκεκριμένου κτιρίου μελέτης και ακολουθεί δεύτερη στην κατάταξη η επιρροή της ενέργεια του σκυροδέματος ($A7$).

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

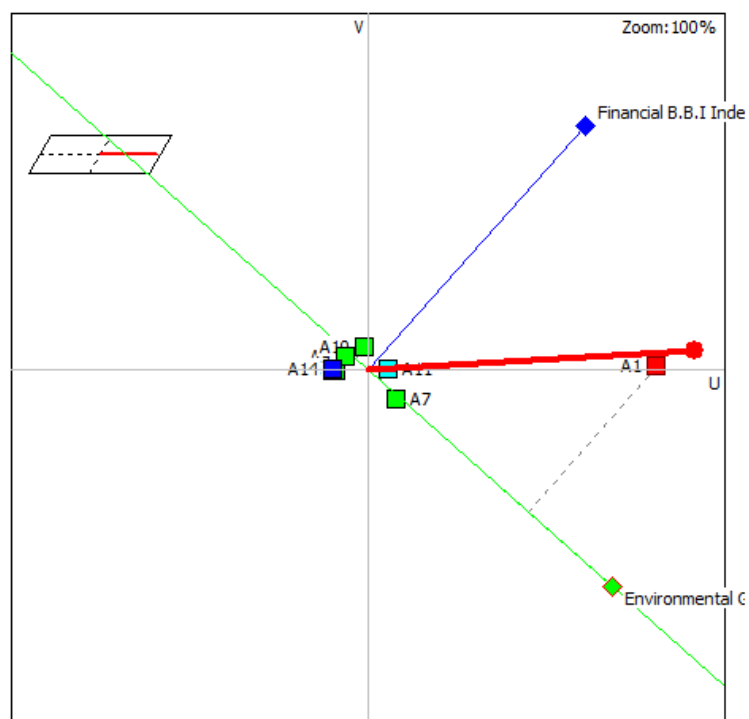
File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	253.71	4.27	0.00	0.00	0.44	1.26	0.05	0.03	€ 27,446.43	€ 78,452.44	€ 4,003.12	€ 0.00	€ 0.00	€ 874.28	€ 874.28
- P: Preference	136.65	388.92	7.75	2.00	2.00	0.81	2.29	0.08	0.05	€ 42,073.06	€ 119,614.94	€ 7,774.42	€ 2.00	€ 2.00	€ 1,452.69	€ 1,452.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	769.97	13.15	0.00	0.00	1.37	3.89	0.15	0.10	€ 83,295.31	€ 237,071.28	€ 12,271.18	€ 0.00	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	73.35	2.06	0.00	0.00	0.21	0.61	0.02	0.01	€ 7,935.20	€ 22,151.04	€ 2,394.54	€ 0.00	€ 0.00	€ 326.51	€ 326.51
Standard Dev.	68.83	195.89	3.75	0.00	0.00	0.39	1.11	0.04	0.03	€ 21,191.46	€ 60,367.56	€ 3,747.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 714.29	€ 714.29
Evaluations																
✓ Cooling	270.53	769.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 237,071.28	€ 1,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Heating	30.98	88.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 27,151.49	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Hot Water	7.17	20.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 6,283.63	€ 1,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Lights	20.51	58.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 11,902.63	€ 25.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Air Ventilation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Electricals Appli...	31.62	89.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 27,705.60	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Concrete	0.00	0.00	13.15	0.00	0.00	1.37	3.89	0.15	0.10	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
✓ Steel	0.00	0.00	3.01	0.00	0.00	0.31	0.89	0.02	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 0.00	€ 258.41	€ 258.41
✓ Timber	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.04	0.11	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 0.00	€ 259.61	€ 259.61
✓ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00	0.47	1.34	0.06	0.04	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 0.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
✓ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	0.00	0.00	0.76	2.18	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00	€ 240.00
✓ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.05	0.13	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00

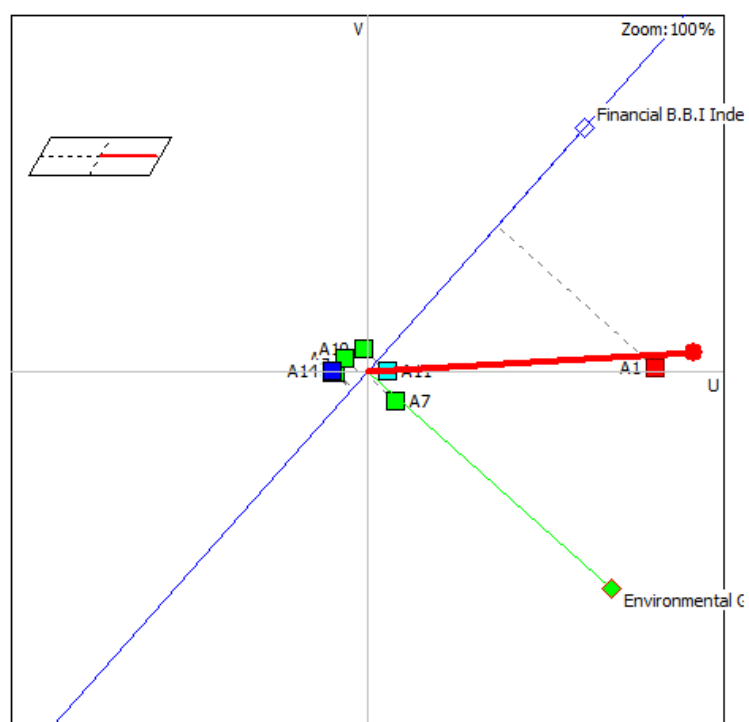
All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/] Saved

Διάγραμμα 21: Σενάριο A₁₀₀ τιμές ενεργειών



Διάγραμμα 22: Σενάριο A_{100} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.



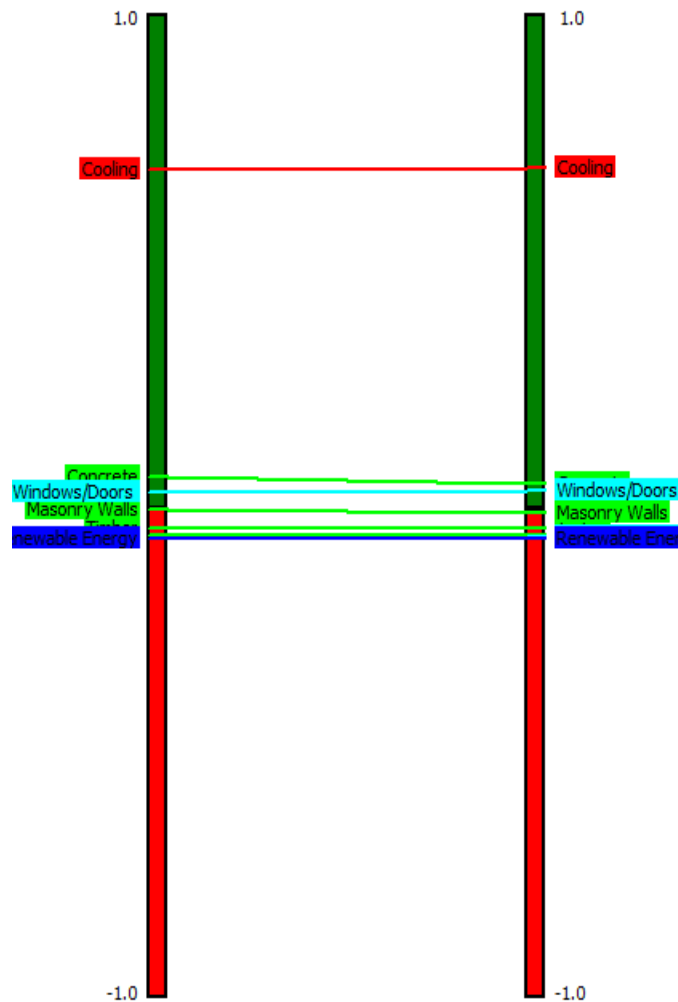
Διάγραμμα 23: Σενάριο A_{100} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 24: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο A₁₀₀.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,6252	0,6497	0,0245
2	Concrete	■	0,0567	0,1113	0,0546
3	Windows/Doors	■	0,0434	0,0991	0,0557
4	Masonry Walls	■	-0,0056	0,0532	0,0588
5	Timber	■	-0,0476	0,0186	0,0662
6	Steel	■	-0,0681	0,0000	0,0681
7	Hot Water	■	-0,0745	0,0000	0,0745
8	Roof Insulation	■	-0,0746	0,0000	0,0746
9	Lights	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Heating	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Air Ventilation	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Electricals Appliances	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Wall Insulation	■	-0,0758	0,0000	0,0758
10	Renewable Energy	■	-0,0758	0,0000	0,0758

Στο διάγραμμα 24 εμφανίζεται η σύγκριση των ενεργειών του υφιστάμενου κτιρίου για τα σενάρια A₇₅ και A₁₀₀ όπου εντοπίζεται ότι δεν υπάρχει κάποια αλλαγή στην γενική κατάταξη τους. Στην προκειμένη περίπτωση αφορά σενάρια του ίδιου συνασπισμού αλλά με διαφορετικό αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Στο διάγραμμα εμφανίζεται μια μικρή συρρίκνωση της ενέργεια του σκυροδέματος όπου δεν ήταν τόσο εμφανής στο σενάριο A₇₅ και αυτό οφείλεται στο ότι εφόσον υπάρχει αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής επομένως αυξάνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενεργειακής κατανάλωσης όπως εμφανίζεται από την σύγκριση στα διαγράμματα 17 και 21. Οπότε εφόσον σε όλα τα σενάρια του συνασπισμού A υπερισχύει η κατανάλωση της ενέργεια της ψύξης και ο χρόνος λειτουργίας αυξάνεται επομένως έχουμε περαιτέρω αύξηση του αποτυπώματος της προς το συνολικό αποτύπωμα και τότε ο βαθμός επηρεασμού της ενέργειας της ψύξης (A1) αυξάνεται. Η αύξηση του βαθμού επιρροής μιας ενέργειας έχει την αντίδραση της μείωσης των βαθμών επιρροής των άλλων ενεργειών. Επομένως με βάση του δείκτες απόφασης και με την παραδοχή του αρχικού προσδόκιμου χρόνου να είναι τα 100 χρόνια, το σενάριο A₁₀₀ για το υφιστάμενο κτίριο είναι σε ελάχιστα καλύτερη θέση περιβαλλοντικά από το σενάριο A₇₅ αλλά είναι σε ελάχιστα δυσμενέστερη θέση

οικονομικά από το σενάριο A₇₅ με τον τελικό δείκτη απόφασης να επιλέγει το σενάριο A₁₀₀.



Διάγραμμα 24: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₇₅ αριστερά με το Σενάριο A₁₀₀ στα δεξιά.

Επομένως για το Σενάριο A₁₀₀ για να είναι το υφιστάμενο κτίριο οικονομικά και περιβαλλοντικά ευμενέστερο προτείνονται οι πιο κάτω επεμβάσεις:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού και ηλεκτρικών συσκευών για να βελτιωθούν οι εν λόγω ενέργειες.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου για να βελτιωθούν περαιτέρω οι ενέργειες στην επέμβαση εφόσον οι ενέργειες των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης δεν κυριαρχούν στην κατάταξη των ενεργειών έχουν αρνητικές τιμές.

Το αποτέλεσμα των τροποποιήσεων των πιο πάνω εισηγήσεων θα αποτυπωθούν στο σενάριο B₁₀₀.

2.11.6.4 Σενάριο B₅₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 50 χρόνια με την μέθοδο Promethee.

Στο υφιστάμενο κτίριο γίνεται ενεργειακή αναβάθμιση επομένως στο συνασπισμό B και στο Σενάριο B₅₀ εφαρμόζονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου

Για το σενάριο B₅₀ , έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως αποτυπώνονται στο διάγραμμα 25. Από το διάγραμμα 26 η ενέργεια που έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια είναι η ενέργεια της ψύξης (A1). Στο διάγραμμα 27 εμφανίζεται ότι πάλι η ενέργεια ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11) και η επιρροή της ενέργειας της κατανάλωση των οικιακών συσκευών (A6).

Στον πίνακα 25 αποτυπώνεται η πλήρης κατάταξη και προκύπτει ότι οι ενέργειες που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακή κατανάλωση είναι και πάλι στην κορυφή της σύγκριση παρόλο την ενεργειακή αναβάθμιση. Η επιρροή της ενέργειας της ψύξης είναι πάλι η κυρίαρχος ενέργεια του συγκεκριμένου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων όπου μετά από την ενεργειακή αναβάθμιση έχει και μεγαλύτερο αποτύπωμα ενσωματωμένης ενέργεια όσο αφορά το περιβαλλοντικό κομμάτι και μεγαλύτερο οικονομικό κόστος όσο αφορά το κομμάτι του οικονομικού αποτυπώματος. Η επιρροή της ενέργεια του σκυροδέματος (A7) υποβιβάζεται εφόσον δεν δέχεται καμία τροποποίηση. Όσο αφορά τις ενέργειες του φωτισμού (A4), της θέρμανσης (A2), ανεβαίνουν στην κατάταξη επειδή παρόλο που υπάρχει μείωση στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα υπάρχει όμως μεγαλύτερη αύξηση τους στο οικονομικό αποτύπωμα. Ενδεχομένως ένα οικονομικότερο σύστημα φωτισμού και σύστημα θέρμανσης ενδεχομένως να είναι οικονομικά πιο βέλτιστο και θα πρέπει να εξεταστεί ως ένα νέο σενάριο επέμβασης.

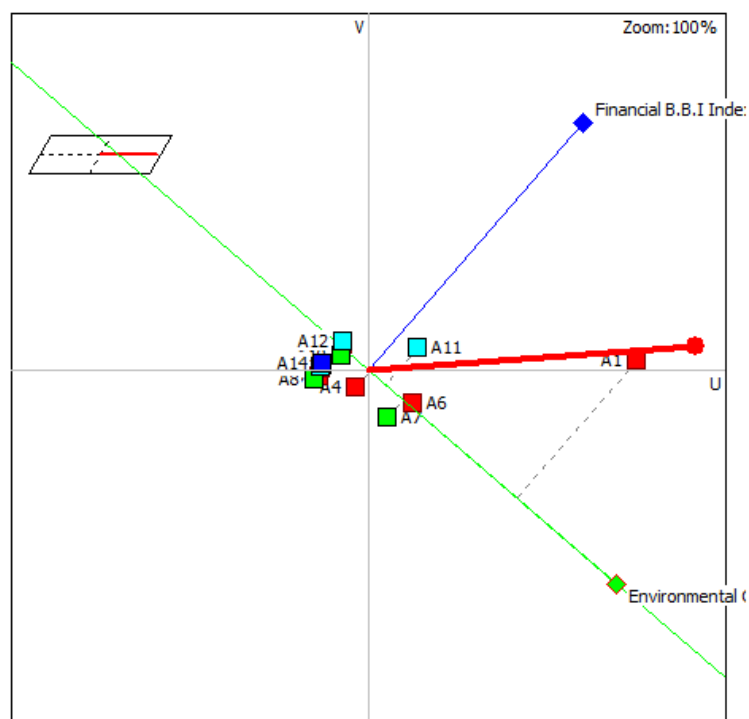
Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

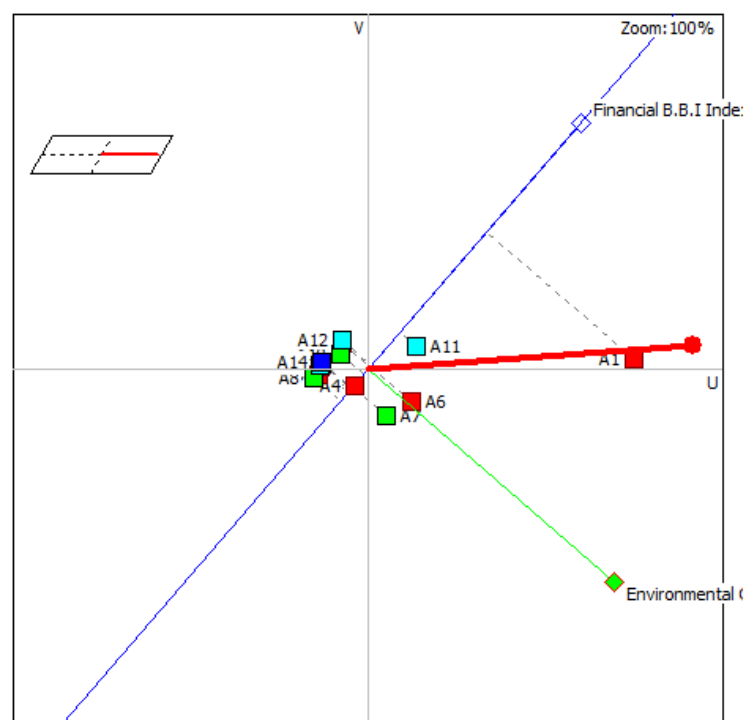
	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario B50																
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group																
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	4.17	4.27	4.47	0.00	0.44	0.18	0.05	0.05	€ 27,446.43	€ 3,116.69	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 0.00	€ 874.28	€ 792.99
- P: Preference	136.65	7.86	7.75	8.33	2.00	0.81	0.34	0.08	0.08	€ 42,073.06	€ 5,825.57	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 2.00	€ 1,452.69	€ 1,434.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	12.16	13.15	13.15	0.00	1.37	0.53	0.15	0.15	€ 83,295.31	€ 8,985.60	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	2.24	2.06	2.34	0.00	0.21	0.09	0.02	0.02	€ 7,935.20	€ 1,631.78	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 0.00	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	3.79	3.75	4.02	0.00	0.39	0.16	0.04	0.04	€ 21,191.46	€ 2,813.70	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 0.00	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
☒ Cooling	270.53	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 6,714.04	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Heating	30.98	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 866.21	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Hot Water	7.17	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 1,703.67	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Lights	20.51	5.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 4,309.49	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Air Ventilation	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 265.97	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Electricals Applia...	31.62	12.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 8,985.60	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Concrete	0.00	0.00	13.15	13.15	0.00	1.37	0.53	0.15	0.15	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
☒ Steel	0.00	0.00	3.01	3.01	0.00	0.31	0.12	0.02	0.02	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 0.00	€ 258.41	€ 498.41
☒ Timber	0.00	0.00	0.37	0.37	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 0.00	€ 259.61	€ 499.61
☒ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	4.52	0.00	0.47	0.18	0.06	0.06	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 0.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
☒ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	0.76	0.40	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
☒ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.28	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

\All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /
 Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/] Saved

Διάγραμμα 25: Σενάριο B₅₀ τιμές ενεργειών



Διάγραμμα 26: Σενάριο B₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

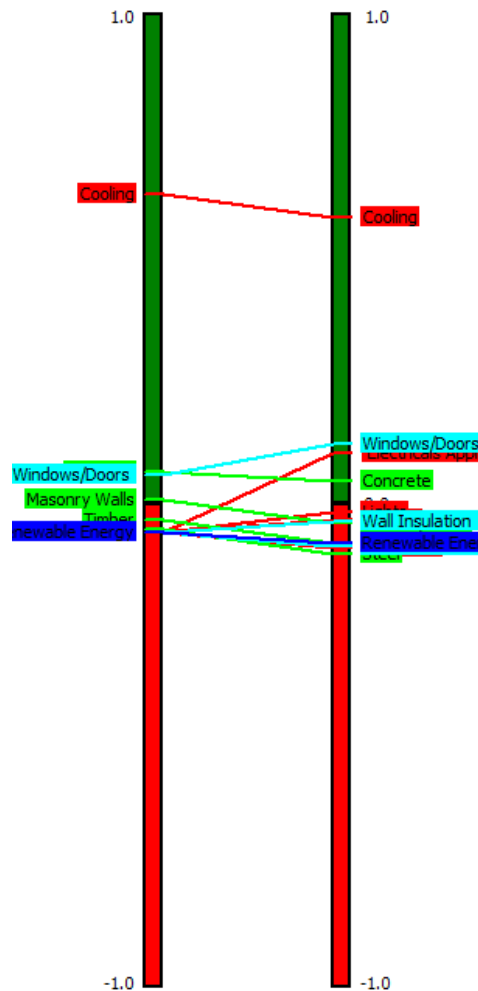


Διάγραμμα 27: Σενάριο B₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 25: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B₅₀.

PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,5783	0,6175	0,0392
2	Windows/Doors	■	0,1089	0,1859	0,0770
3	Electricals Appliances	■	0,0898	0,1777	0,0879
4	Concrete	■	0,0335	0,1336	0,1001
5	Lights	■	-0,0316	0,0614	0,0930
6	Heating	■	-0,0497	0,0474	0,0971
7	Wall Insulation	■	-0,0501	0,0515	0,1016
8	Masonry Walls	■	-0,0552	0,0519	0,1071
9	Renewable Energy	■	-0,0967	0,0113	0,1080
10	Timber	■	-0,0973	0,0186	0,1159
11	Roof Insulation	■	-0,1013	0,0075	0,1089
12	Air Ventilation	■	-0,1042	0,0055	0,1097
13	Hot Water	■	-0,1069	0,0000	0,1069
14	Steel	■	-0,1176	0,0000	0,1176

Στο διάγραμμα 28 εμφανίζεται η σύγκριση της επιρροής των ενεργειών του υφιστάμενου κτιρίου για τα σενάρια A₅₀ και B₅₀ όπου αφορά σενάρια διαφορετικού συνασπισμού αλλά με τον ίδιο αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Στο διάγραμμα 28 εντοπίζεται ότι η επιρροή των ενεργειών της παθητικής θερμομόνωσης δηλαδή οι ενέργειες που αφορούν τα παράθυρα, την θερμομόνωση τοιχοποιίας, την θερμομόνωση οροφής ο βαθμός επηρεασμού τους κατηγορίας πλησιάζει σε θετικότερες τιμές. Αυτό οφείλεται στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου η οποία αύξησε το περιβαλλοντικό και το οικονομικό αποτύπωμα του κτιρίου. Αυτό είναι και ο κύριος λόγος που η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (A1) έχει μειωθεί. Όσο αφορά την ενέργεια της κατανάλωσης των ηλεκτρικών συσκευών (A6) αυξήθηκε η επιρροή της εφόσον για την κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωση είναι η μόνη ενέργεια η οποία δεν μειώθηκε το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα, επομένως η επιρροή της αυξήθηκε.



Διάγραμμα 28: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₅₀ αριστερά με το Σενάριο B₅₀ στα δεξιά.

Επίσης από το διάγραμμα 28 εμφανίζεται ότι η επιρροή των ενεργειών της παθητικής θερμομόνωση δεν κυριαρχούν στην κατάταξη. Παρόλο που αναβαθμίστηκε ενεργειακά το κτίριο η παράμετρος της υφιστάμενη ηλικίας του, τα 40 χρόνια έχουν σαν αποτέλεσμα να έχει το υφιστάμενο κτίριο ήδη κάνει μια υπερκατανάλωση και υπερχρεώσεις στον ενεργειακό τομέα όπου τοποθετούν την επιρροή της ενέργεια της ψύξης (A1) στην κορυφή του πίνακα κατάταξης επιρροής 25. Από τον πίνακα 25 εμφανίζεται ότι οι ενέργειες που αφορούν την κατηγορία της παθητικής θερμομόνωσης, οι ενέργειες Windows/Doors (A11), Wall Insulation (A12), Roof Insulation (A13) είναι στην κατάταξη οι αριθμοί 2,7 και 11 του πίνακα 25 αντίστοιχα και δεν κυριαρχούν στον πίνακα.

Στο συνασπισμό B με το σενάριο B₅₀ ο στόχος είναι η μετατροπή του κτιρίου σε κτίριο με σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης όπου και απαιτείται από την νομοθεσία και εμφανίζεται να αποδοτικότερο σενάριο και οικονομικά και περιβαλλοντικά. Αυτό

επισημαίνεται και από τους προτεινόμενους δείκτες όπου επισημάνουν ότι η επέμβαση της ενεργειακής αναβάθμισης δηλαδή η κατηγορία των ενεργειών για την παθητική θερμομόνωση δεν είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά οι δυσμενέστερες ενέργειες στο συνολικό περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου. Συνεπώς η επιλογή της ενεργειακής αναβάθμισης είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά θετική στο σύνολο του συγκεκριμένου τύπου υφιστάμενου κτιρίου. Επομένως και με βάση του δείκτες απόφασης το Σενάριο B₅₀ για το υφιστάμενο κτίριο είναι σε καλύτερη θέση οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά από το σενάριο A₅₀.

2.11.6.5 Σενάριο B₇₅ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής και συνολικό χρόνο ζωής τα 75 χρόνια με την μέθοδο Promethee.

Στο υφιστάμενο κτίριο γίνεται ενεργειακή αναβάθμιση αλλά αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής για να εξεταστεί η περίπτωση όταν το υφιστάμενο κτίριο ενδεχομένως να ξεπεράσει τον προσδόκιμο χρόνο σχεδιασμού και να είναι σε λειτουργία. Για τον συνασπισμό B, το σενάριο B₇₅ δηλαδή με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 75 χρόνια στους υπολογισμούς αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου για να εντοπιστεί ο βαθμός επηρεασμού της παράμετρος του χρόνου στο ζητούμενο αποτέλεσμα. Στο Σενάριο B₇₅ εφαρμόζονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου.

Στο σενάριο B₇₅ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως αποτυπώνονται στο διάγραμμα 29. Από το διάγραμμα 30 εμφανίζεται ο βαθμός επηρεασμού για όλες τις ενέργειες. και πάλι η επιρροή της ενέργεια της ψύξης (A1) εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11) και η επιρροή της ενεργειακής κατανάλωσης των οικιακών συσκευών (A6). Από το διάγραμμα 31 εμφανίζεται ότι πάλι η ενέργεια ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11) και η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των οικιακών συσκευών (A6). Προκύπτει και από τον πίνακα 26 ότι οι ενέργειες που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης είναι και πάλι στην κορυφή της σύγκριση παρόλο την

ενεργειακή αναβάθμιση και την θεωρητικά αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (A1) είναι και πάλι η κυρίαρχος ενέργεια στην σειρά κατάταξης του συγκεκριμένου υφιστάμενου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερή η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων όπου μετά από την ενεργειακή αναβάθμιση έχει και μεγαλύτερο αποτύπωμα ενσωματωμένης ενέργειας όσο αφορά το περιβαλλοντικό κομμάτι και μεγαλύτερο οικονομικό κόστος όσο αφορά το οικονομικό κομμάτι του αποτυπώματος. Η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7) υποβιβάζεται εφόσον δεν δέχεται καμία τροποποίηση. Όσο αφορά την επιρροή των ενεργειών του φωτισμού (A4), της θέρμανσης (A2), ανεβαίνουν στην κατάταξη επειδή παρόλο που υπάρχει μείωση στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση στο οικονομικό αποτύπωμα. Επισημαίνουμε ότι και οι άλλες ενέργειες επηρεάζονται από την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής όπως της ενσωματωμένης ενέργειας του σκυροδέματος (A7) δηλαδή οι ενέργειες που αφορούν την τοιχοποιία, τον οπλισμό και την ξυλεία αλλά επειδή ο βαθμός επηρεασμού τους συγκριτικά με τις κατηγορίες της ενεργειακής κατανάλωσης είναι μικρότερος, επομένως σε αυτές τις ενέργειες η κατάταξη πλησιάζει μόνο τις θετικότερες τιμές με αρνητικό πρόσημο. Δηλαδή οι αρνητικότερες τιμές πλησιάζουν περισσότερο το μηδέν. Πέραν του γεγονότος ότι με την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής αυξάνεται το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα ως προς την συντήρηση των δομικών υλικών τους δεν είναι αρκετό για κάποιες ενέργειες να επηρεάσει τον αριθμό κατάταξη τους στον πίνακα επιρροής κατάταξης.

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

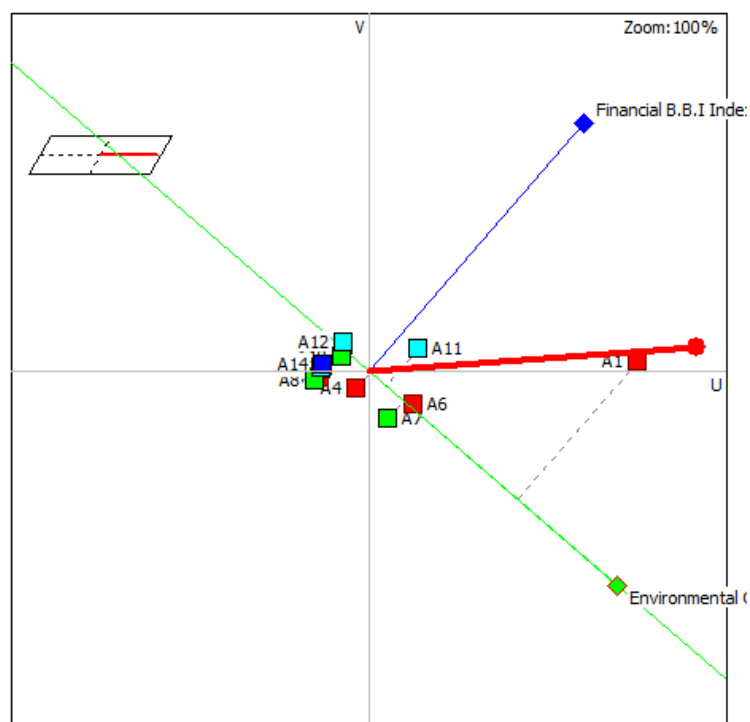
File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario B75	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group																
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
-Q: Indifference	89.14	20.67	4.27	4.47	0.00	0.68	0.63	0.05	0.05	€ 27,446.43	€ 6,363.25	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 0.00	€ 874.28	€ 792.99
-P: Preference	136.65	38.63	7.75	8.33	2.00	1.24	1.17	0.08	0.08	€ 42,073.06	€ 11,893.86	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 2.00	€ 1,452.69	€ 1,434.69
-S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	59.58	13.15	13.15	0.00	2.10	1.84	0.15	0.15	€ 83,295.31	€ 18,345.60	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	10.82	2.06	2.34	0.00	0.33	0.33	0.02	0.02	€ 7,935.20	€ 3,331.56	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 0.00	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	18.66	3.75	4.02	0.00	0.60	0.56	0.04	0.04	€ 21,191.46	€ 5,744.63	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 0.00	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
☒ Cooling	270.53	44.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 13,707.83	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Heating	30.98	5.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 1,768.52	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Hot Water	7.17	11.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 3,478.33	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Lights	20.51	28.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 8,798.55	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Air Ventilation	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 543.03	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Electricals Applia...	31.62	59.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 18,345.60	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Concrete	0.00	0.00	13.15	13.15	0.00	2.10	1.84	0.15	0.15	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
☒ Steel	0.00	0.00	3.01	3.01	0.00	0.48	0.42	0.02	0.02	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 0.00	€ 258.41	€ 498.41
☒ Timber	0.00	0.00	0.37	0.37	0.00	0.06	0.05	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 0.00	€ 259.61	€ 499.61
☒ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	4.52	0.00	0.72	0.63	0.06	0.06	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 0.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
☒ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	1.18	1.39	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
☒ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.28	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

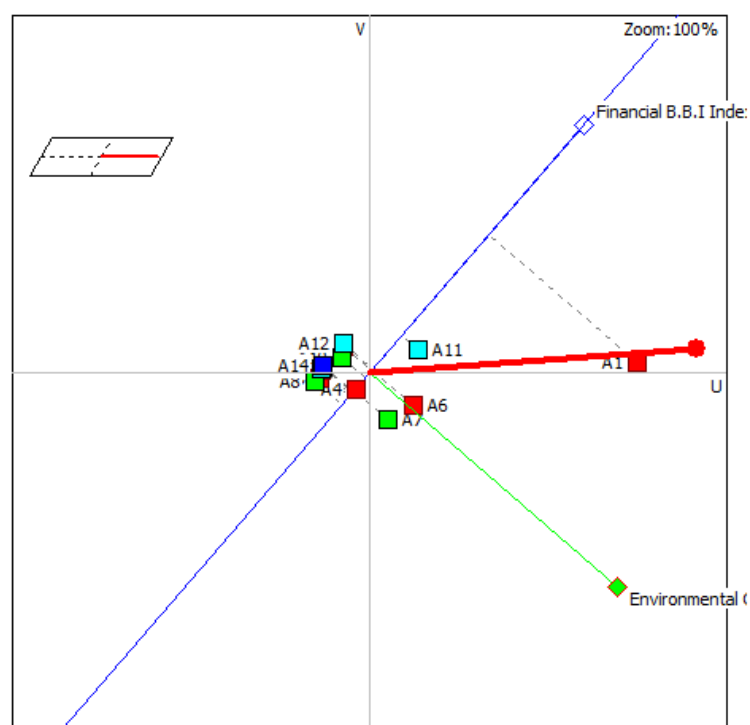
All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

Διάγραμμα 29: Σενάριο B75 τιμές ενεργειών



Διάγραμμα 30: Σενάριο B₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

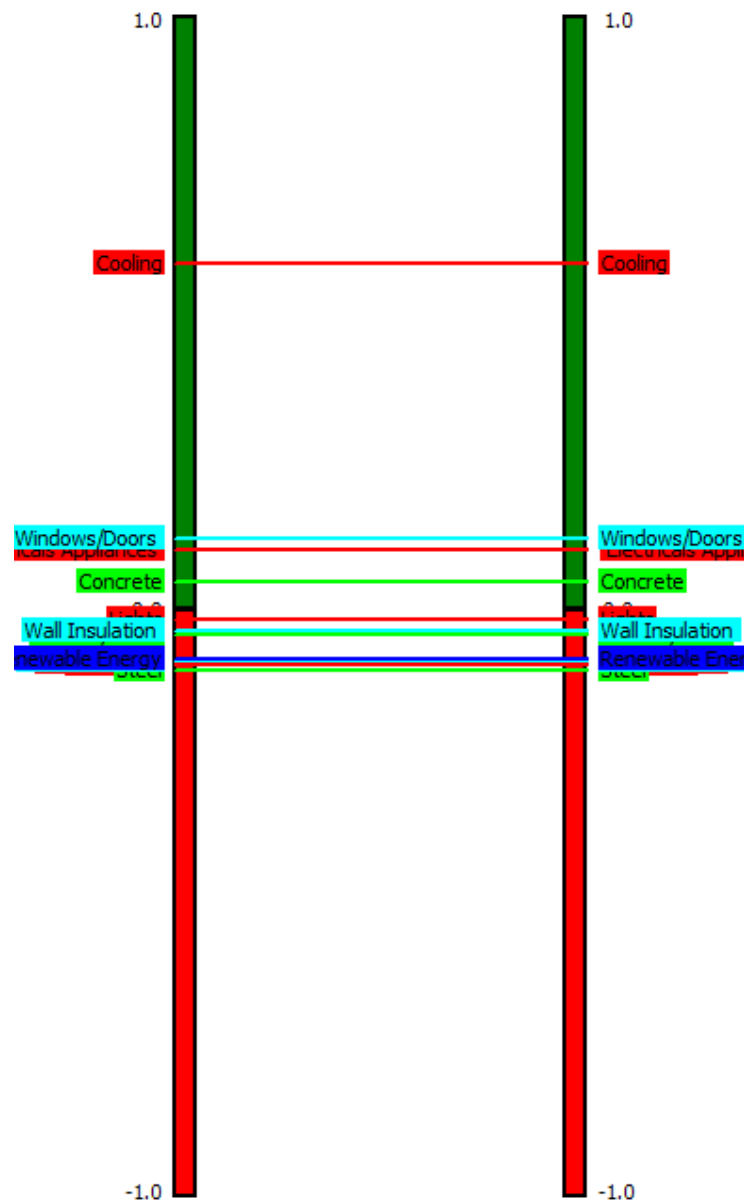


Διάγραμμα 31: Σενάριο B₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 26: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B₇₅.

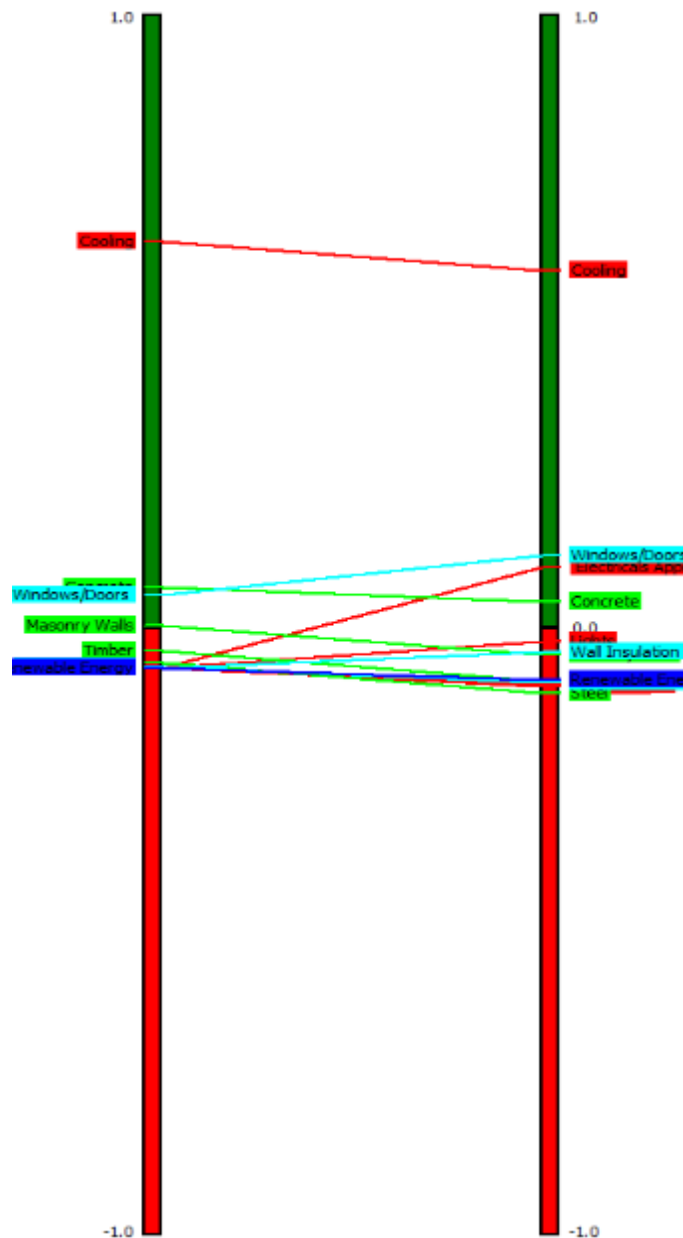
PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,5783	0,6175	0,0392
2	Windows/Doors	■	0,1089	0,1859	0,0770
3	Electricals Appliances	■	0,0899	0,1777	0,0879
4	Concrete	■	0,0335	0,1336	0,1001
5	Lights	■	-0,0318	0,0612	0,0930
6	Heating	■	-0,0496	0,0474	0,0971
7	Wall Insulation	■	-0,0501	0,0515	0,1015
8	Masonry Walls	■	-0,0553	0,0517	0,1071
9	Renewable Energy	■	-0,0966	0,0113	0,1079
10	Timber	■	-0,0973	0,0186	0,1159
11	Roof Insulation	■	-0,1013	0,0075	0,1088
12	Air Ventilation	■	-0,1041	0,0055	0,1097
13	Hot Water	■	-0,1069	0,0000	0,1069
14	Steel	■	-0,1176	0,0000	0,1176

Στο διάγραμμα 32 αποτυπώνεται ότι για το υφιστάμενο κτίριο η σύγκριση των δυο σεναρίων B₅₀ και B₇₅ όπου ο μελετητής μπορεί να διαπιστώσει ότι δεν υπάρχει καμία αλλαγή στη τελική σειρά κατάταξης των επιρροών των ενεργειών. Στην προκειμένη περίπτωση αφορά σενάρια του ίδιου συνασπισμού αλλά με διαφορετικό αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Από την σύγκριση των δυο σεναρίων B₅₀ και B₇₅ εμφανίζεται ότι δεν υπάρχουν κάποιες αλλαγές στην σειρά κατάταξης των επιρροών των ενεργειών παρόλο την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής σε 75 χρόνια. Επομένως είναι ένδειξη ότι για το υφιστάμενο κτίριο της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης έστω και εάν αυξήσουμε τον τελικό χρόνο ζωής με μηδενική ενσωματωμένη ενέργεια, οι ενέργειες παραμένουν σταθερές στην κατάταξη του βαθμού επηρεασμού του τελικού αποτυπώματος. Η μεταβολή του χρόνου λειτουργίας επηρεάζει το τελικό αποτύπωμα αλλά δεν αλλάζει τους βαθμούς επιρροής. Επομένως είναι ένδειξη ότι για το υφιστάμενο κτίριο της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης έστω και εάν αυξήσουμε τον τελικό χρόνο ζωής με μηδενική ενσωματωμένη ενέργεια, οι ενέργειες παραμένουν σταθερές στην κατάταξη του βαθμού επηρεασμού του τελικού αποτυπώματος. Επομένως και με βάση του δείκτες απόφασης με το Σενάριο B₇₅ το υφιστάμενο κτίριο είναι σε καλύτερη θέση οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά από το σενάριο B₅₀.



Διάγραμμα 32: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B₅₀ αριστερά με το Σενάριο B₇₅ στα δεξιά.

Το διάγραμμα 33 αφορά σενάρια του διαφορετικού συνασπισμού αλλά με ίδιο αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Από την σύγκριση των δυο σεναρίων A₇₅ και B₇₅ εμφανίζεται ότι υπάρχουν αλλαγές στην σειρά κατάταξης των επιρροών των ενεργειών. Ο βαθμός επιρροής της ενέργειας της ψύξης (A1) μειώνεται και αυξάνονται οι βαθμοί επιρροής των ενεργειών της παθητικής θερμομόνωσης.



Διάγραμμα 33: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₇₅ αριστερά με το Σενάριο B₇₅ στα δεξιά.

Επομένως με βάση του δείκτης απόφασης το Σενάριο B₇₅ το υφιστάμενο κτίριο είναι σε καλύτερη θέση οικονομικά και περιβαλλοντικά από το σενάριο B₅₀.

2.11.6.6 Σενάριο B₁₀₀ και με προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια με την μέθοδο *Promethee*.

Στο υφιστάμενο κτίριο γίνεται ενεργειακή αναβάθμιση αλλά αυξάνεται και ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής για να εξεταστεί η περίπτωση όταν το υφιστάμενο κτίριο ενδεχομένως να ξεπεράσει κατά πολύ τον προσδόκιμο χρόνο σχεδιασμού και να είναι σε λειτουργία.

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario B100	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group																
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	31.21	4.27	4.47	0.00	0.68	1.07	0.05	0.05	€ 27,446.43	€ 9,609.81	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 0.00	€ 874.28	€ 792.99
- P: Preference	136.65	58.34	7.75	8.33	2.00	1.24	2.00	0.08	0.08	€ 42,073.06	€ 17,962.16	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 2.00	€ 1,452.69	€ 1,434.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	89.98	13.15	13.15	0.00	1.37	3.89	0.15	0.15	€ 83,295.31	€ 27,705.60	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	16.34	2.06	2.34	0.00	0.21	0.69	0.02	0.02	€ 7,935.20	€ 5,031.34	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 0.00	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	28.18	3.75	4.02	0.00	0.39	1.19	0.04	0.04	€ 21,191.46	€ 8,675.57	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 0.00	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
✓ Cooling	270.53	67.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 20,701.62	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Heating	30.98	8.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 2,670.82	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Hot Water	7.17	17.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 5,252.98	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Lights	20.51	43.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 13,287.61	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Air Ventilation	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 820.09	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Electricals Applia...	31.62	89.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 27,705.60	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Concrete	0.00	0.00	13.15	13.15	0.00	1.37	3.89	0.15	0.15	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 0.00	€ 2,672.64	€ 2,672.64
✓ Steel	0.00	0.00	3.01	3.01	0.00	0.31	0.89	0.02	0.02	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 0.00	€ 258.41	€ 498.41
✓ Timber	0.00	0.00	0.37	0.37	0.00	0.04	0.11	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 0.00	€ 259.61	€ 499.61
✓ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	4.52	0.00	0.47	1.34	0.06	0.06	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 0.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
✓ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	0.76	2.94	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
✓ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.28	0.00	0.05	0.08	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

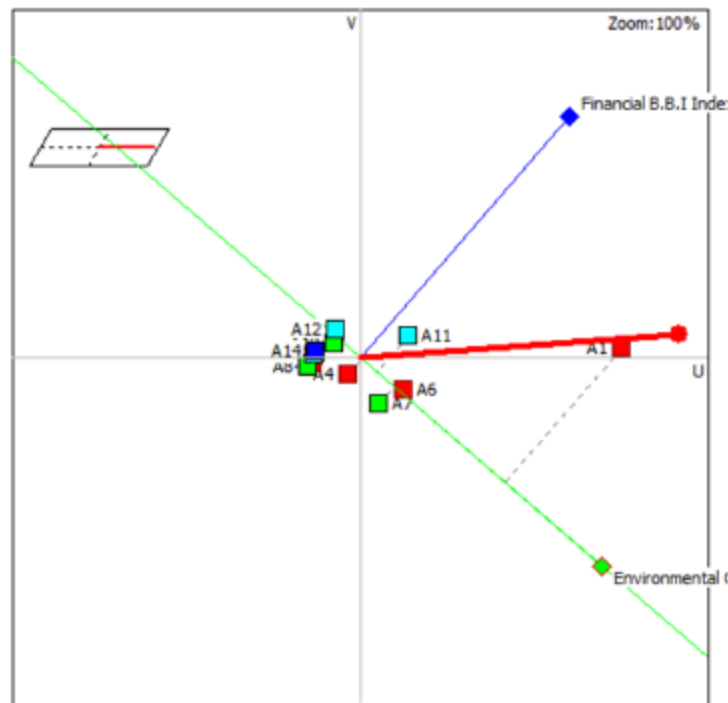
Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€.] Saved

Διάγραμμα 34: Σενάριο B₁₀₀ τιμές ενεργειών

Στο συνασπισμό Β, το σενάριο B₁₀₀ δηλαδή με ενδεχόμενο αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια δηλαδή αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου για να εντοπιστεί ο βαθμός επηρεασμού της παράμετρος του χρόνου στο ζητούμενο αποτέλεσμα Στο Σενάριο B₁₀₀ εφαρμόζονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου

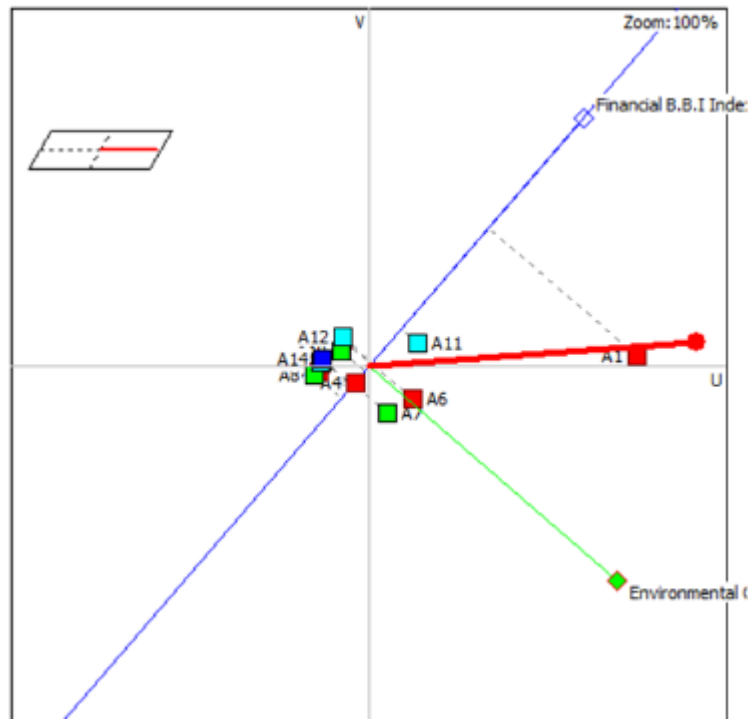
Στο σενάριο B₁₀₀ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως φαίνονται στο διάγραμμα 34. Από το διάγραμμα 35 και πάλι η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (A1) εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (A11) και η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των οικιακών συσκευών (A6).



Διάγραμμα 35: Σενάριο B₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

Από το διάγραμμα 36 προκύπτει ότι πάλι η επιρροή της ενέργειας ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (A11) και η επιρροή της κατανάλωση των οικιακών συσκευών (A6). Στον πίνακα 27 εμφανίζεται ότι οι ενέργειες

που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης είναι και πάλι στην κορυφή της σύγκριση παρόλο την ενεργειακή αναβάθμιση και την θεωρητικά αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (A1) είναι και πάλι η κυρίαρχος ενέργεια στην σειρά κατάταξης του συγκεκριμένου υφιστάμενου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (A11) όπου μετά από την ενεργειακή αναβάθμιση έχει και μεγαλύτερο αποτύπωμα ενσωματωμένης ενέργειας όσο αφορά το περιβαλλοντικό κομμάτι και μεγαλύτερο οικονομικό κόστος όσο αφορά το κομμάτι του οικονομικού αποτυπώματος.



Διάγραμμα 36: Σενάριο B₁₀₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

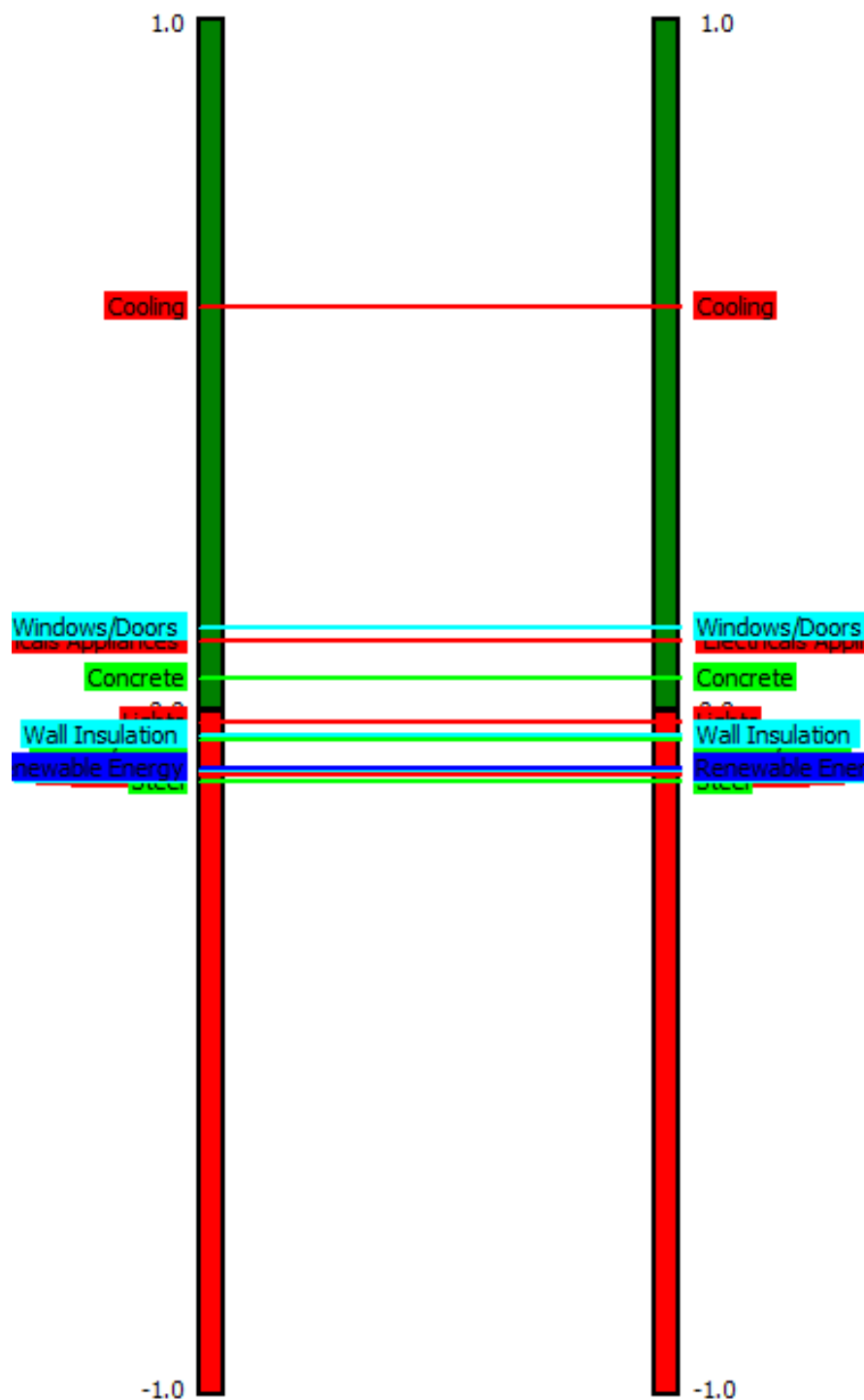
Η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7) υποβιβάζεται εφόσον δεν δέχεται καμία τροποποίηση. Όσο αφορά την επιρροή των ενεργειών του φωτισμού (A4), της θέρμανσης (A2), ανεβαίνουν στην κατάταξη επειδή παρόλο που υπάρχει μείωση στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα υπάρχει μεγαλύτερη αύξηση στο οικονομικό αποτύπωμα. Επισημαίνουμε ότι και οι άλλες ενέργειες επηρεάζονται από την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Επηρεάζεται η επιρροή των ενεργειών που αφορούν το σκυρόδεμα, την φέρουσα τοιχοποιία, τον οπλισμό και την ξυλεία αλλά ο βαθμός επηρεασμού συγκριτικά με τις κατηγορίες της ενεργειακής κατανάλωσης είναι μικρότερος σε αυτές τις ενέργειες και η κατάταξη τους πλησιάζει μόνο θετικότερες τιμές με αρνητικό πρόσημο, δηλαδή οι

αρνητικότερες τιμές πλησιάζουν το μηδέν. Πέραν του γεγονότος ότι με την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής αυξάνεται το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα ως προς την συντήρηση των δομικών υλικών τους, αυτό δεν είναι αρκετό για κάποιες ενέργειες να επηρεάσει την σειρά κατάταξης τους.

Πίνακας 27: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο B₁₀₀.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,5783	0,6175	0,0392
2	Windows/Doors	■	0,1089	0,1859	0,0770
3	Electricals Appliances	■	0,0899	0,1777	0,0879
4	Concrete	■	0,0335	0,1336	0,1001
5	Lights	■	-0,0318	0,0612	0,0930
6	Heating	■	-0,0496	0,0474	0,0971
7	Wall Insulation	■	-0,0501	0,0515	0,1015
8	Masonry Walls	■	-0,0553	0,0517	0,1071
9	Renewable Energy	■	-0,0966	0,0113	0,1079
10	Timber	■	-0,0973	0,0186	0,1159
11	Roof Insulation	■	-0,1013	0,0075	0,1088
12	Air Ventilation	■	-0,1041	0,0055	0,1097
13	Hot Water	■	-0,1069	0,0000	0,1069
14	Steel	■	-0,1176	0,0000	0,1176

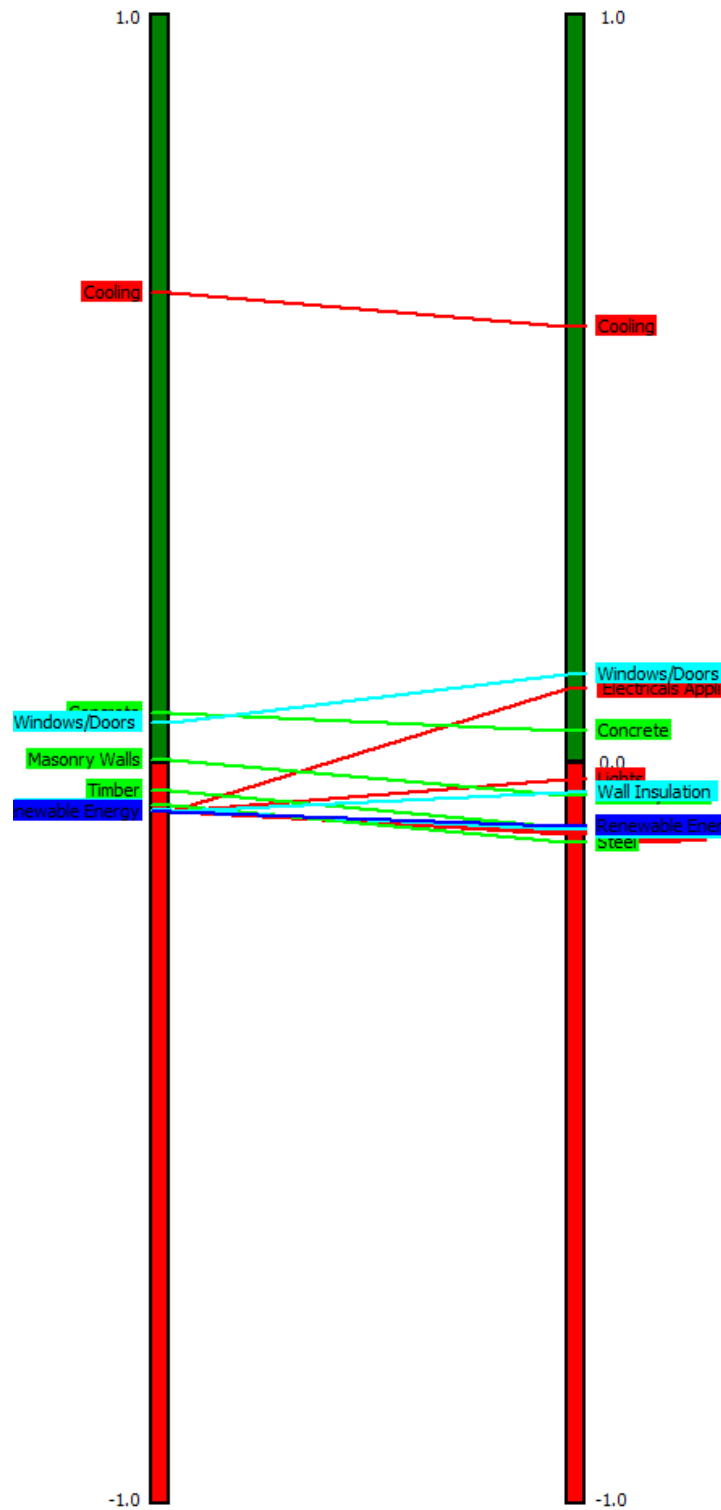
Στο διάγραμμα 37 αποτυπώνεται η σύγκριση των δυο σεναρίων B₇₅ και B₁₀₀ όπου ο μελετητής μπορεί να διαπιστώσει ότι δεν υπάρχει καμία αλλαγή στη τελική σειρά κατάταξης των ενεργειών. Στην προκειμένη περίπτωση αφορά σεναρία του ίδιου συνασπισμού αλλά με διαφορετικό αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Από την σύγκριση των δυο σεναρίων B₇₅ και B₁₀₀ εμφανίζεται ότι δεν υπάρχουν κάποιες αλλαγές στην σειρά κατάταξης των ενεργειών παρόλο την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής σε 100 χρόνια. Επομένως είναι ένδειξη ότι για το υφιστάμενο κτίριο της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης έστω και εάν αυξήσουμε τον τελικό χρόνο ζωής με μηδενική ενσωματωμένη ενέργεια, οι ενέργειες παραμένουν σταθερές στην σειρά κατάταξης του βαθμού επηρεασμού του τελικού αποτυπώματος. Επομένως για το υφιστάμενο κτίριο με ενδεχόμενη ηλικία πέραν του προσδόκιμου χρόνου σχεδιασμού επιβεβαιώνεται από του δείκτες ότι το Σενάριο B₁₀₀ είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά είναι ευμενέστερο από το σενάριο B₇₅.



Διάγραμμα 37: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B₇₅ αριστερά και με το Σενάριο B₁₀₀ στα δεξιά.

Στο διάγραμμα 38 αφορά σενάρια του διαφορετικού συνασπισμού αλλά με ίδιο αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής. Από την σύγκριση των δυο σεναρίων A₁₀₀ και B₁₀₀ εμφανίζεται ότι υπάρχουν αλλαγές στην σειρά κατάταξης των επιρροών των ενεργειών. Ο βαθμός

επιρροής της ενέργειας της ψύξης (A1) μειώνεται και αυξάνονται οι βαθμοί επιρροής των ενεργειών της παθητικής θερμομόνωσης.



Διάγραμμα 38: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₁₀₀ αριστερά και με το Σενάριο B₁₀₀ στα δεξιά.

Επομένως με βάση του δείκτης απόφασης και με την παραδοχή του αρχικού προσδόκιμου χρόνου να είναι τα 75 χρόνια το Σενάριο B₁₀₀ το υφιστάμενο κτίριο είναι σε καλύτερη θέση οικονομικά και περιβαλλοντικά από το σενάριο B₇₅.

2.11.6.7 Σενάριο Γ50 και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 90 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 50 χρόνια επιπλέον λόγω της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.

Για το συνασπισμό Γ στο υφιστάμενο κτίριο γίνεται ενεργειακή και στατική/αντισεισμική αναβάθμιση επομένως στο Σενάριο Γ₅₀ εφαρμόζονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου
3. Ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής της δομικής κατασκευής με αποτέλεσμα την τελική αύξηση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου.

Για το σενάριο Γ₅₀ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως φαίνονται στο διάγραμμα 39. Από το διάγραμμα 40 εμφανίζεται ότι πάλι η επιρροή της ενέργεια ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών (A6), η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7) και η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11). Από το διάγραμμα 41 αποτυπώνεται ότι πάλι η επιρροή της ενέργειας ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από τις άλλες ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11), η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών (A6) και η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7). Από τον πίνακα κατάταξης επιρροής 28 προκύπτει ότι οι ενέργειες που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακή κατανάλωση είναι στην κορυφή της σύγκρισης. Η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (A1) είναι και πάλι η κυρίαρχος ενέργεια του συγκεκριμένου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργεια της των ανοιγμάτων (A11) και τρίτη η επιρροή της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας (A12) και τρίτη η επιρροή της ενέργειας της θέρμανσης (A2).

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

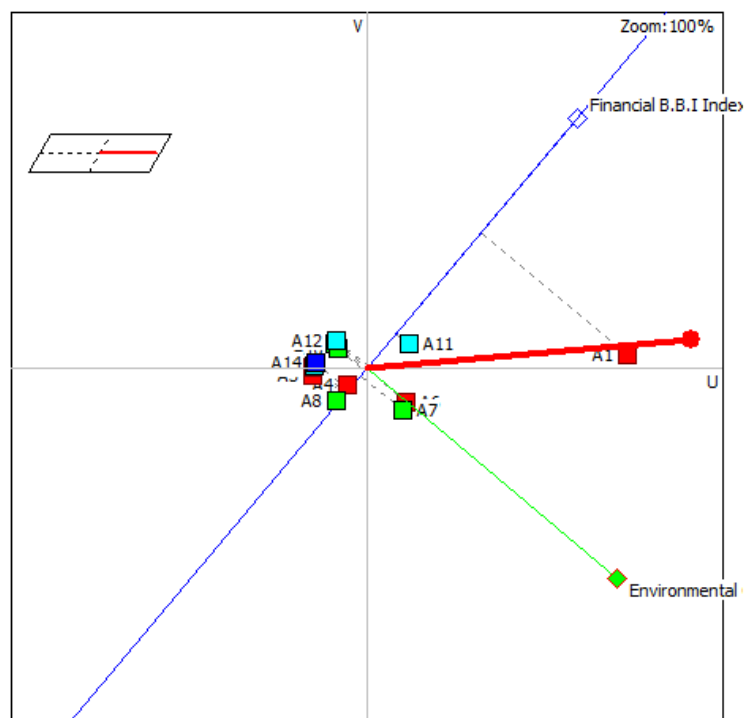
	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario C50																
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group																
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	21.09	4.27	3.32	6.33	0.68	1.22	0.05	0.10	€ 27,446.43	€ 6,493.11	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 3,506.15	€ 874.28	€ 792.99
- P: Preference	136.65	39.42	7.75	5.02	10.18	1.24	2.20	0.08	0.16	€ 42,073.06	€ 12,136.60	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 6,370.56	€ 1,452.69	€ 1,434.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	60.80	13.15	9.93	17.88	1.37	3.58	0.15	0.29	€ 83,295.31	€ 18,720.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 10,636.11	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	11.04	2.06	0.87	2.06	0.21	0.59	0.02	0.03	€ 7,935.20	€ 3,399.55	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 1,687.89	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	19.04	3.75	2.55	5.05	0.39	1.07	0.04	0.08	€ 21,191.46	€ 5,861.87	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 3,084.95	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
☒ Cooling	270.53	45.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 13,987.58	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Heating	30.98	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 1,804.61	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Hot Water	7.17	11.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 3,549.31	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Lights	20.51	29.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 8,978.11	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Air Ventilation	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 554.11	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Electricals Applia...	31.62	60.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 18,720.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
☒ Concrete	0.00	0.00	13.15	0.00	17.88	1.37	3.58	0.15	0.29	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 5,726.58	€ 2,672.64	€ 2,672.64
☒ Steel	0.00	0.00	3.01	0.00	9.79	0.31	1.96	0.02	0.04	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 3,004.75	€ 258.41	€ 498.41
☒ Timber	0.00	0.00	0.37	0.00	0.85	0.04	0.17	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 10,636.11	€ 259.61	€ 499.61
☒ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	0.00	0.32	0.47	0.06	0.06	0.12	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 4,263.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
☒ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	0.76	1.99	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
☒ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.71	0.00	0.05	0.14	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
☒ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/] Saved

Διάγραμμα 39: Σενάριο Γ₅₀ τιμές ενεργειών

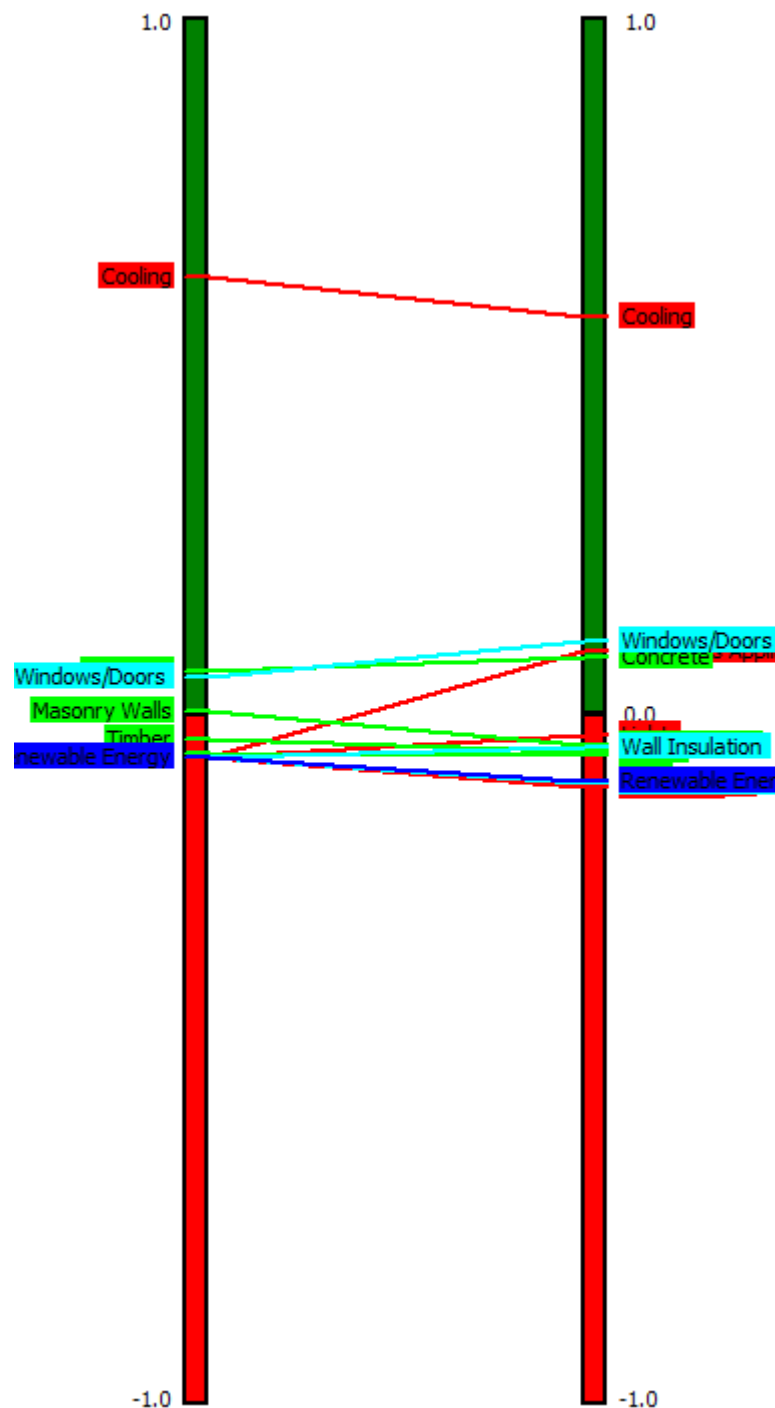
153



Διάγραμμα 41: Σενάριο Γ₅₀ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 28: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ₅₀.

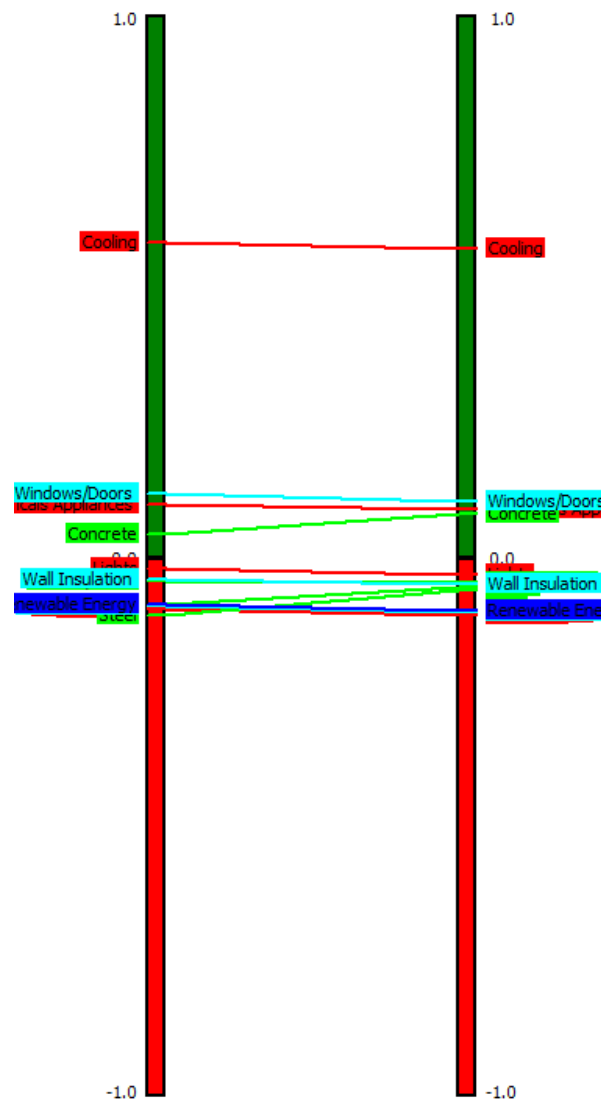
PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0,5672	0,6175	0,0503
2	Windows/Doors	■	0,0954	0,1852	0,0898
3	Electricals Appliances	■	0,0787	0,1777	0,0990
4	Concrete	■	0,0705	0,1739	0,1034
5	Lights	■	-0,0429	0,0612	0,1041
6	Masonry Walls	■	-0,0580	0,0594	0,1174
7	Wall Insulation	■	-0,0602	0,0515	0,1117
8	Heating	■	-0,0608	0,0474	0,1082
9	Timber	■	-0,0648	0,0550	0,1198
10	Steel	■	-0,0720	0,0468	0,1188
11	Renewable Energy	■	-0,1078	0,0113	0,1191
12	Roof Insulation	■	-0,1120	0,0075	0,1196
13	Air Ventilation	■	-0,1153	0,0055	0,1208
14	Hot Water	■	-0,1181	0,0000	0,1181



Διάγραμμα 42: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₅₀ αριστερά και με το Σενάριο Γ₅₀ στα δεξιά.

Είναι εμφανές και στο διάγραμμα 43 εμφανίζεται όπου γίνεται η σύγκριση των δυο σεναρίων B₅₀ και Γ₅₀ όπου εντοπίζεται ότι η επιρροή της της ενεργειακής κατανάλωσης μειώνεται. Ο λόγος είναι επειδή αυξάνεται η ενσωματωμένη ενέργεια και το κόστος των ενεργειών του σκυροδέματος (A7), του οπλισμού (A8) και της ξυλείας (A9). Επίσης

εντοπίζεται ότι με βάση το σύστημα στατικής αναβάθμισης που χρησιμοποιήθηκε και παρόλο που οι άλλες ενέργειες επηρεάζονται από την ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής που εφαρμόζεται για το συνασπισμό σεναρίων Γ δεν υπάρχει αλλαγή στην σειρά κατάταξης για τις πρώτες 5 ενέργειες. Υπάρχει μια ανταλλαγή της σειράς 6, όπου την λαμβάνει η επιρροή της ενέργεια της φέρουσας τοιχοποιίας (A10) από την επιρροή της ενέργεια της θέρμανσης (A2) η οποία κατεβαίνει στην 8 θέση. Αυτό οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια και του κόστους των ενισχύσεων της φέρουσας τοιχοποιίας. Επίσης ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας της ξυλείας (A9) και του οπλισμού (A8) στην σειρά κατάταξη 9 και 10 αντίστοιχα. Ενδεχομένως να εξεταστεί ένα βέλτιστο σενάριο ως προς την στατική αναβάθμιση του υφιστάμενου κτιρίου.



Διάγραμμα 43: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B₅₀ αριστερά και με το Σενάριο Γ₅₀ στα δεξιά.

Πέραν του γεγονότος ότι με την ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής όπου για το σύμπλεγμα Γ αυξάνεται το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα όπου είναι αρκετό για κάποιες από τις ενέργειες της ενεργειακής κατανάλωσης να τις ανεβάσει στον πίνακα κατάταξης επιρροής το Σενάριο Γ₅₀ είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά ευμενέστερο από το σενάριο Α₅₀ και Β₅₀.

2.11.6.8 Σενάριο Γ75 και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 75 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 115 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 75 χρόνια επιπλέον λόγο της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.

Για το σενάριο Γ₇₅ με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 75 χρόνια δηλαδή εξετάζεται η περίπτωση να αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου για να εντοπιστεί ο βαθμός επηρεασμού της παράμετρος του χρόνου στο ζητούμενο αποτέλεσμα Στο Σενάριο Γ₇₅ εφαρμόζονται οι πιο κάτω ενέργειες:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου
3. Ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής της δομικής κατασκευής με αποτέλεσμα την τελική αύξηση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου.

Στο σενάριο Γ₇₅ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως φαίνονται στο πιο κάτω διάγραμμα 44. Από το διάγραμμα 45 η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (Α1) εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (Α7), η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών (Α6) και η επιρροή της ενέργειας των ανοιγμάτων (Α11). Από το διάγραμμα 46 εμφανίζεται ότι πάλι η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (Α1) είναι και πάλι η κυρίαρχος ενέργεια του συγκεκριμένου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργειας της των ανοιγμάτων (Α11) και τρίτη η επιρροή της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας (Α12) και τρίτη η επιρροή της ενέργειας της θέρμανσης (Α2). Προκύπτει από τον πίνακα 29, ότι η επιρροή της ενέργειας της ψύξης (Α1) είναι και πάλι η κυρίαρχος ενέργεια στην σειρά κατάταξης του συγκεκριμένου κτιρίου.

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

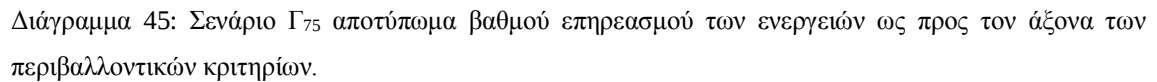
5

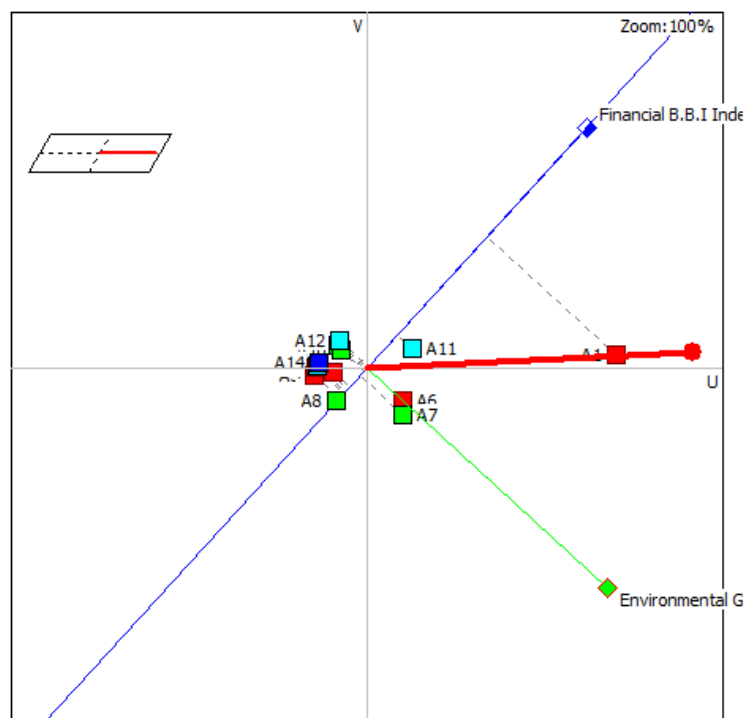
	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario C75																
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group																
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	42.27	4.27	3.30	6.33	0.68	1.79	0.05	0.10	€ 41,987.35	€ 9,739.67	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 3,506.15	€ 874.28	€ 792.99
- P: Preference	136.65	78.89	7.75	5.03	10.18	1.24	3.28	0.08	0.16	€ 62,791.58	€ 18,204.90	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 6,370.56	€ 1,452.69	€ 1,434.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	121.60	13.15	9.93	17.88	2.10	5.36	0.15	0.29	€ 83,295.31	€ 28,080.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 10,636.11	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	22.02	2.06	0.89	2.06	0.33	0.91	0.02	0.03	€ 7,935.20	€ 5,099.33	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 1,687.89	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	38.11	3.75	2.55	5.05	0.60	1.59	0.04	0.08	€ 21,191.46	€ 8,792.81	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 3,084.95	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
✓ Cooling	270.53	90.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 20,981.38	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Heating	30.98	11.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 2,706.91	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Hot Water	7.17	23.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 5,323.97	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Lights	20.51	58.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 13,467.17	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Air Ventilation	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 831.17	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Electricals Applia...	31.62	121.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 28,080.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Concrete	0.00	0.00	13.15	0.00	17.88	2.10	5.36	0.15	0.29	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 5,726.58	€ 2,672.64	€ 2,672.64
✓ Steel	0.00	0.00	3.01	0.00	9.79	0.48	2.94	0.02	0.04	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 3,004.75	€ 258.41	€ 498.41
✓ Timber	0.00	0.00	0.37	0.00	0.85	0.06	0.25	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 10,636.11	€ 259.61	€ 499.61
✓ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	0.00	0.32	0.72	0.47	0.06	0.12	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 4,263.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
✓ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	1.18	2.98	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
✓ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.99	0.00	0.07	0.21	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

Διάγραμμα 44: Σενάριο Γ₇₅ τιμές ενεργειών



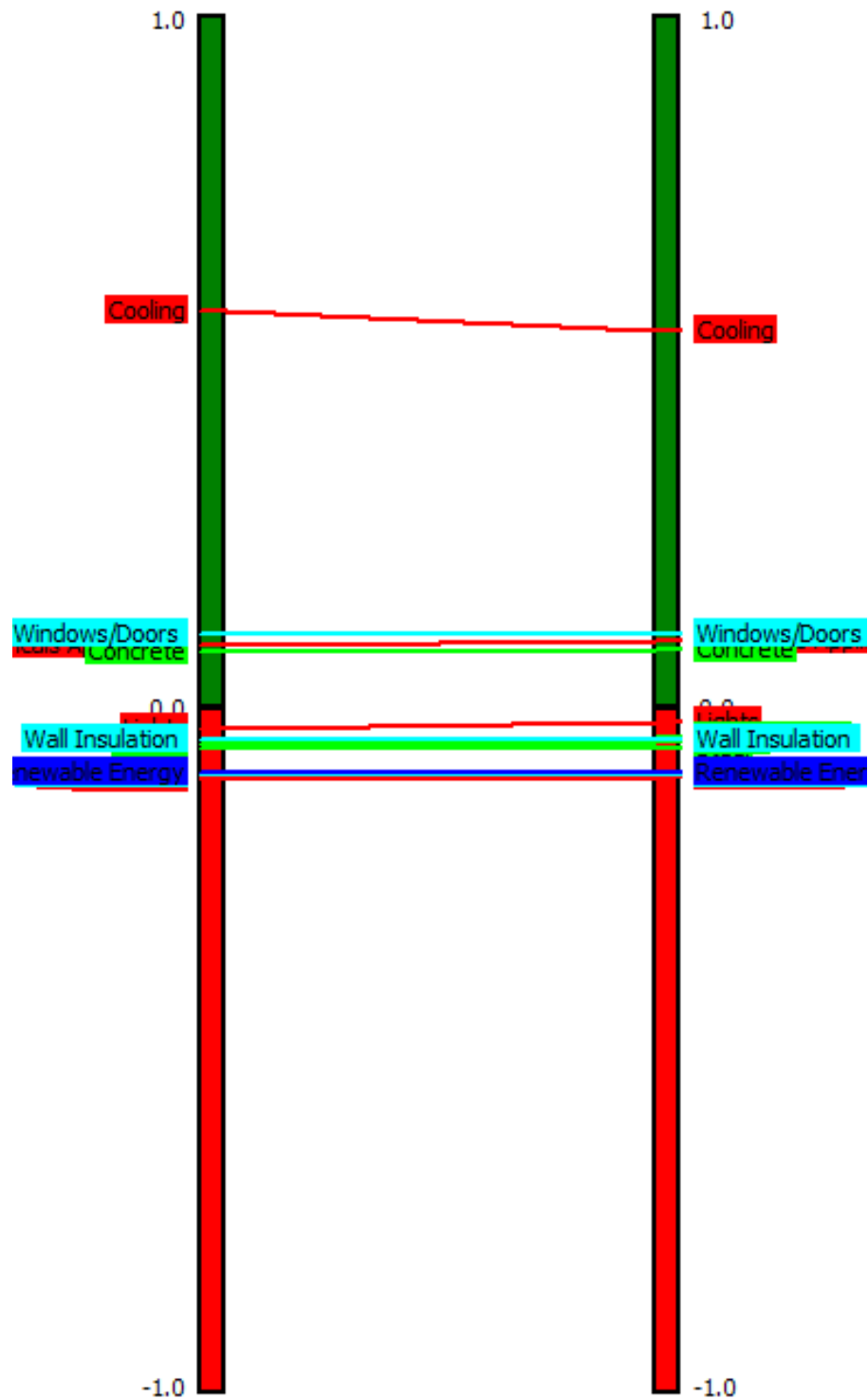


Διάγραμμα 46: Σενάριο Γ₇₅ αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

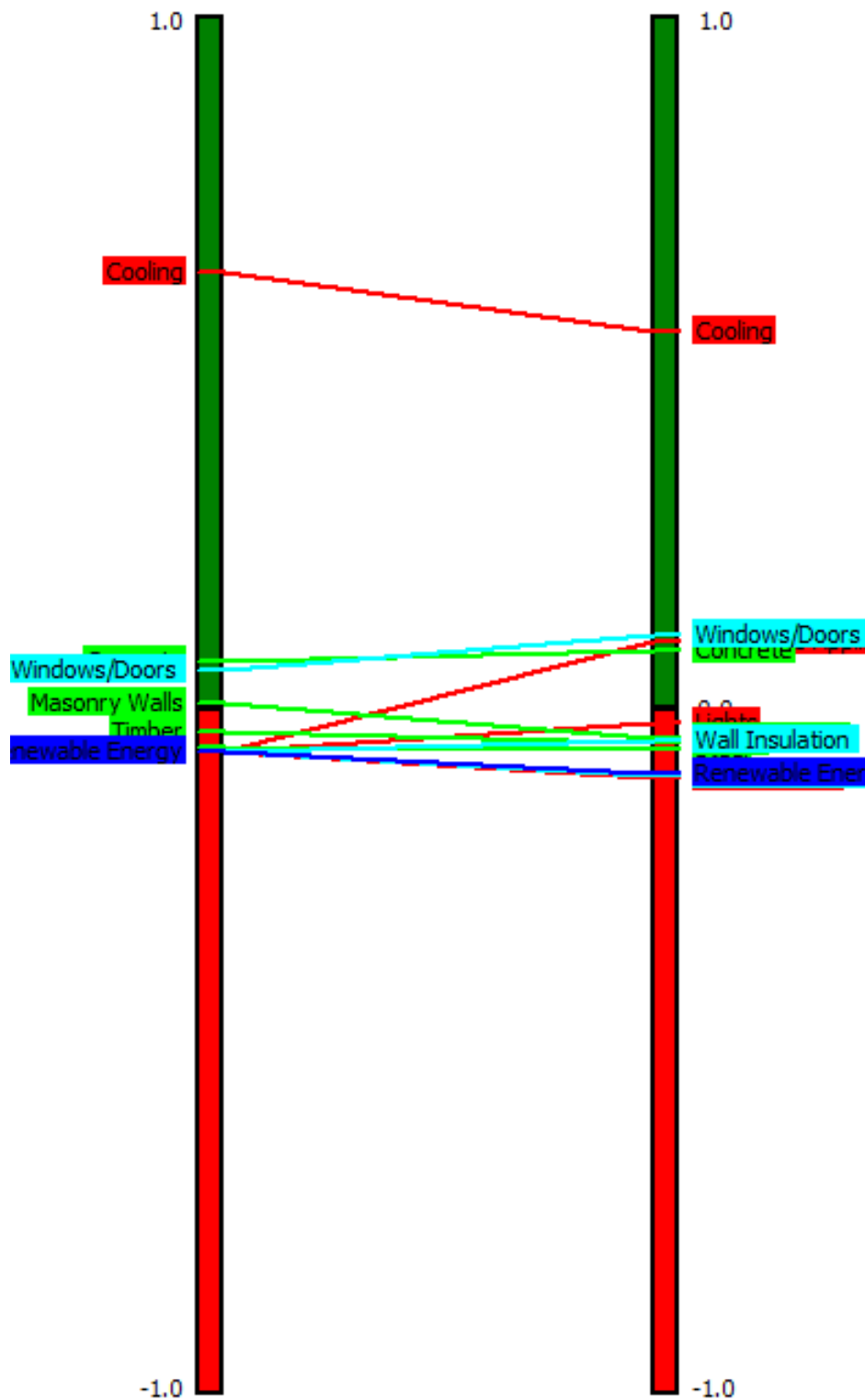
Πίνακας 29: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ₇₅.

PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0.5433	0.5937	0.0504
2	Windows/Doors	■	0.1003	0.1851	0.0848
3	Concrete	■	0.0756	0.1740	0.0984
4	Electricals Appliances	■	0.0750	0.1741	0.0991
5	Masonry Walls	■	-0.0522	0.0594	0.1116
6	Wall Insulation	■	-0.0552	0.0515	0.1067
7	Heating	■	-0.0553	0.0474	0.1027
8	Timber	■	-0.0598	0.0550	0.1149
9	Steel	■	-0.0670	0.0468	0.1138
10	Lights	■	-0.0711	0.0295	0.1005
11	Renewable Energy	■	-0.1028	0.0113	0.1141
12	Roof Insulation	■	-0.1070	0.0075	0.1146
13	Air Ventilation	■	-0.1096	0.0055	0.1152
14	Hot Water	■	-0.1142	0.0000	0.1142

Στο διάγραμμα 47 εμφανίζεται η σύγκριση των δυο σεναρίων Γ_{50} και Γ_{75} όπου εντοπίζεται ότι δεν έχουμε αλλαγή στην κατάταξη των ενεργειών αλλά υπάρχουν αλλαγές στο βαθμό τους επιρροής.



Διάγραμμα 47: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Γ_{50} αριστερά και με το Σενάριο Γ_{75} στα δεξιά.



Διάγραμμα 48: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₇₅ αριστερά και με το Σενάριο Γ₇₅ στα δεξιά.

Στο διάγραμμα 48 εμφανίζεται η σύγκριση των δυο σεναρίων A₇₅ και Γ₇₅ όπου εντοπίζεται ότι ενέργειες της ενεργειακής κατανάλωσης, η επιρροή της ενέργεια του

φωτισμού (A4) αυξάνεται στον πίνακα κατάταξης ενώ για τις ενέργειες της ενσωματωμένης ενέργειας, παράδειγμα να αυξάνεται είναι η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7).

Πέραν του γεγονότος ότι με την ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής όπου για το σύμπλεγμα Γ αυξάνεται το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα όπου είναι αρκετό για κάποιες από τις ενέργειες της ενεργειακής κατανάλωσης να τις ανεβάσει και στον πίνακα κατάταξης επιρροής το Σενάριο Γ₇₅ είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά ευμενέστερο από το σενάριο A₇₅ και B₇₅ και Γ₅₀.

2.11.6.9 Σενάριο Γ₁₀₀ και με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια αλλά με συνολικό χρόνο ζωής λόγω της αντισεισμικής αναβάθμισης τα 140 με την μέθοδο Promethee. Δηλαδή τα 40 χρόνια της υφιστάμενης ηλικίας με 100 χρόνια επιπλέον λόγο της ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής.

Στο συνασπισμό Γ, το σενάριο Γ₁₀₀ δηλαδή με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια εξετάζεται η περίπτωση όπου αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου για να εντοπιστεί ο βαθμός επηρεασμού της παράμετρος του χρόνου στο ζητούμενο αποτέλεσμα. Στο Σενάριο Γ₁₀₀ εφαρμόζονται οι πιο κάτω επεμβάσεις:

1. Βελτίωση της ενεργειακής κατανάλωσης με την αντικατάσταση των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού, παραγωγής ζεστού νερού.
2. Βελτίωση των παθητικών συστημάτων θερμομόνωσης με αποτέλεσμα να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας του κελύφους του κτιρίου
3. Ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής της δομικής κατασκευής με αποτέλεσμα την τελική αύξηση του χρόνου λειτουργίας του κτιρίου.

Στο σενάριο Γ₁₀₀ έγινε η καταγραφή των ενεργειών όπως φαίνονται στο πιο κάτω διάγραμμα 49. Από το διάγραμμα 50 η ενέργεια της ψύξης εμφανίζεται να έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα περιβαλλοντικά κριτήρια και ακολουθεί η επιρροή της ενέργειας του σκυροδέματος (A7), η επιρροή της ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών (A6) και η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11). Από το διάγραμμα 51 εμφανίζεται ότι πάλι η ενέργεια ψύξης (A1) έχει το μεγαλύτερο βαθμό επηρεασμού από όλες τις ενέργειες όσο αφορά τα οικονομικά κριτήρια και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργεια της των ανοιγμάτων (A11) και τρίτη η επιρροή της θερμομόνωσης της τοιχοποιίας (A12) και τρίτη η επιρροή της ενέργειας της θέρμανσης (A2)..

Visual PROMETHEE Academic - Example 14-05-2022-1994.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

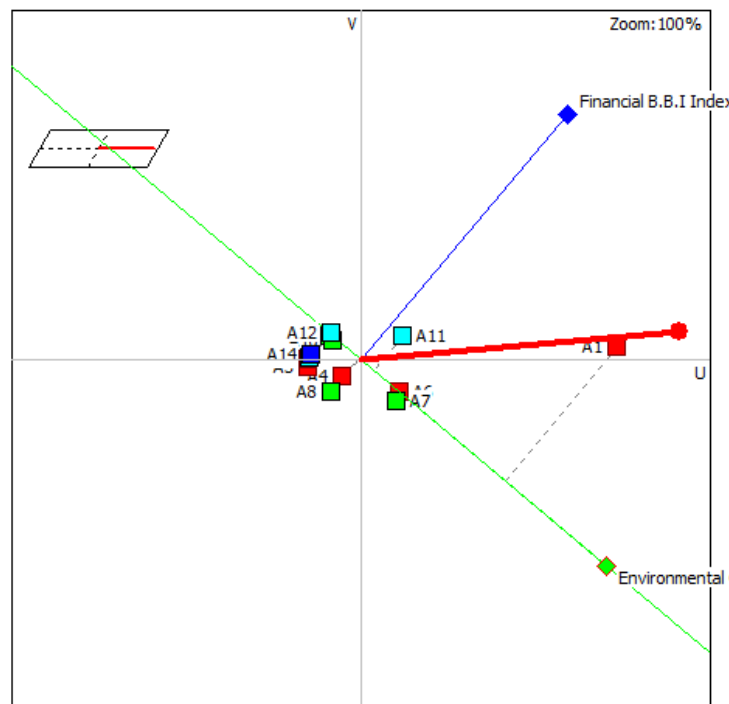
	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Scenario C100	EECF	SECF	ESF	ELUF	SUF	EBSMF	SBSMF	EDF	SDF	EECC	SECC	ESC	ELUC	SUC	EDC	SDC
Unit	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	CO2 (tons)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)	Cost (€)
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences																
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	172.00	170.00	42.00	25.00	43.00	17.00	21.00	5.00	6.00	152.00	78.00	60.00	143.00	44.00	10.00	14.00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	89.14	42.18	4.27	3.30	6.33	0.68	2.43	0.05	0.10	€ 27,446.43	€ 12,986.23	€ 4,003.12	€ 3,489.76	€ 3,506.15	€ 874.28	€ 792.99
- P: Preference	136.65	78.84	7.75	5.03	10.18	1.24	4.40	0.08	0.16	€ 42,073.06	€ 24,273.19	€ 7,774.42	€ 7,973.95	€ 6,370.56	€ 1,452.69	€ 1,434.69
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
Maximum	270.53	121.60	13.15	9.93	17.88	1.37	7.15	0.15	0.29	€ 83,295.31	€ 37,440.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 10,636.11	€ 2,672.64	€ 2,672.64
Average	25.77	22.08	2.06	0.89	2.06	0.21	1.17	0.02	0.03	€ 7,935.20	€ 6,799.10	€ 2,394.54	€ 3,585.20	€ 1,687.89	€ 326.51	€ 429.37
Standard Dev.	68.83	38.08	3.75	2.55	5.05	0.39	2.13	0.04	0.08	€ 21,191.46	€ 11,723.74	€ 3,747.47	€ 3,871.70	€ 3,084.95	€ 714.29	€ 695.08
Evaluations																
✓ Cooling	270.53	90.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 83,295.31	€ 27,975.17	€ 1,000.00	€ 3,950.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Heating	30.98	11.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,539.71	€ 3,609.22	€ 0.00	€ 8,973.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Hot Water	7.17	23.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 2,207.76	€ 7,098.62	€ 1,000.00	€ 1,450.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Lights	20.51	58.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 6,315.68	€ 17,956.22	€ 25.00	€ 766.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Air Ventilation	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 1,108.22	€ 0.00	€ 4,300.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Electricals Applia...	31.62	121.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 9,734.40	€ 37,440.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00
✓ Concrete	0.00	0.00	13.15	0.00	17.88	1.37	7.15	0.15	0.29	€ 0.00	€ 0.00	€ 3,832.87	€ 0.00	€ 5,726.58	€ 2,672.64	€ 2,672.64
✓ Steel	0.00	0.00	3.01	0.00	9.79	0.31	3.92	0.02	0.04	€ 0.00	€ 0.00	€ 832.46	€ 0.00	€ 3,004.75	€ 258.41	€ 498.41
✓ Timber	0.00	0.00	0.37	0.00	0.85	0.04	0.34	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,078.93	€ 0.00	€ 10,636.11	€ 259.61	€ 499.61
✓ Masonry Walls	0.00	0.00	4.52	0.00	0.32	0.47	0.13	0.06	0.12	€ 0.00	€ 0.00	€ 8,483.13	€ 0.00	€ 4,263.00	€ 1,140.52	€ 1,140.52
✓ Windows/Doors	0.00	0.00	7.35	9.93	0.00	0.76	3.97	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 12,271.18	€ 11,601.10	€ 0.00	€ 240.00	€ 480.00
✓ Wall Insulation	0.00	0.00	0.00	1.55	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 9,604.68	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Roof Insulation	0.00	0.00	0.43	0.99	0.00	0.05	0.28	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 4,547.50	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00
✓ Renewable Energy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 5,000.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 240.00

All / Scenario A50 / Scenario A75 / Scenario A100 / Scenario B50 / Scenario B75 / Scenario B100 / Scenario C50 / Scenario C75 / Scenario C100 /

Actions: 14 (14 active) Criteria: 16 (16 active) Scenarios: 9 (9 active) Locale: Belgium [€/] Saved

Διάγραμμα 49: Σενάριο Γ₁₀₀ τιμές ενεργειών

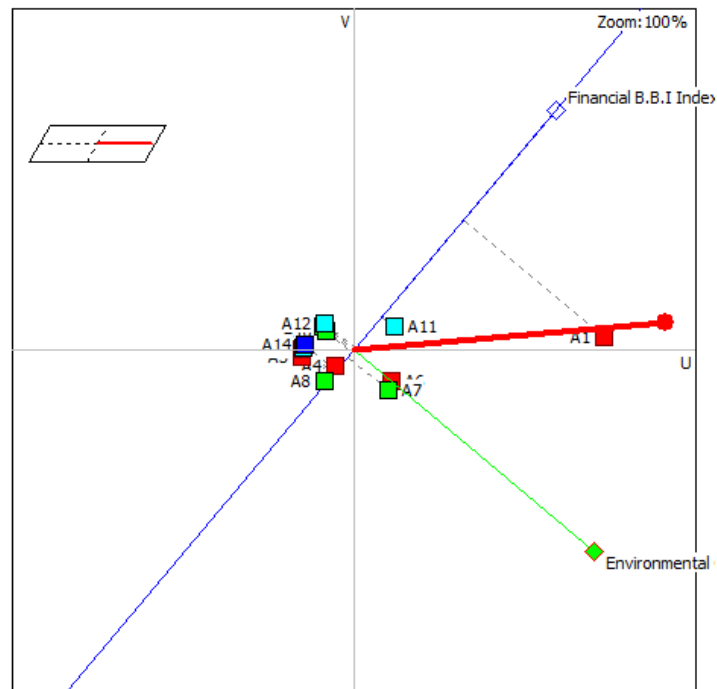
Προκύπτει από τον πίνακα κατάταξης επιρροής 30 ότι οι ενέργειες που επηρεάζουν την κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης είναι και πάλι στην κορυφή της σύγκρισης. Η επιρροή της ψύξης (A1) είναι η κυρίαρχος ενέργεια του συγκεκριμένου κτιρίου και ακολουθεί δεύτερη η επιρροή της ενέργειας της των ανοιγμάτων (A11). Επισημαίνουμε και σε αυτό το σενάριο Γ_{100} ότι παρόλο που έγινε στατική/αντισεισμική αναβάθμιση η κατηγορία ενεργειών της ενσωματωμένης ενέργειας του σκυροδέματος δηλαδή οι ενέργειες που αφορούν το σκυρόδεμα, την φέρουσα τοιχοποιία, τον οπλισμό και την ξυλεία δεν κυριαρχούν στο πίνακα κατάταξης επιρροής. Προκύπτει ότι παρόλο που όλες οι ενέργειες επηρεάζονται από την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής δεν υπάρχει κάποια αλλαγή στην κατάταξη. Με την αύξηση και ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής αυξάνεται το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα ως προς την συντήρηση των δομικών υλικών τους.



Διάγραμμα 50: Σενάριο Γ_{100} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των περιβαλλοντικών κριτηρίων.

Στο διάγραμμα 52 εμφανίζεται η σύγκριση των δυο σεναρίων Γ_{75} και Γ_{100} όπου εντοπίζεται ότι δεν έχουμε κάποια αλλαγή στην κατάταξη της επιρροής των ενεργειών. Στο διάγραμμα 53 εμφανίζεται η σύγκριση των δυο σεναρίων A_{100} και Γ_{100} όπου εντοπίζεται ότι ενέργειες της ενεργειακής κατανάλωσης, η επιρροή της ενέργειας της κατανάλωσης των ηλεκτρικών συσκευών (A6), η επιρροή της ενέργειας του φωτισμού (A4)

και της παθητικής θερμομόνωσης η επιρροή της ενέργεια των ανοιγμάτων (A11) αυξάνονται στον πίνακα κατάταξης από την επιρροή των ενεργειών της ενσωματωμένης ενέργειας.

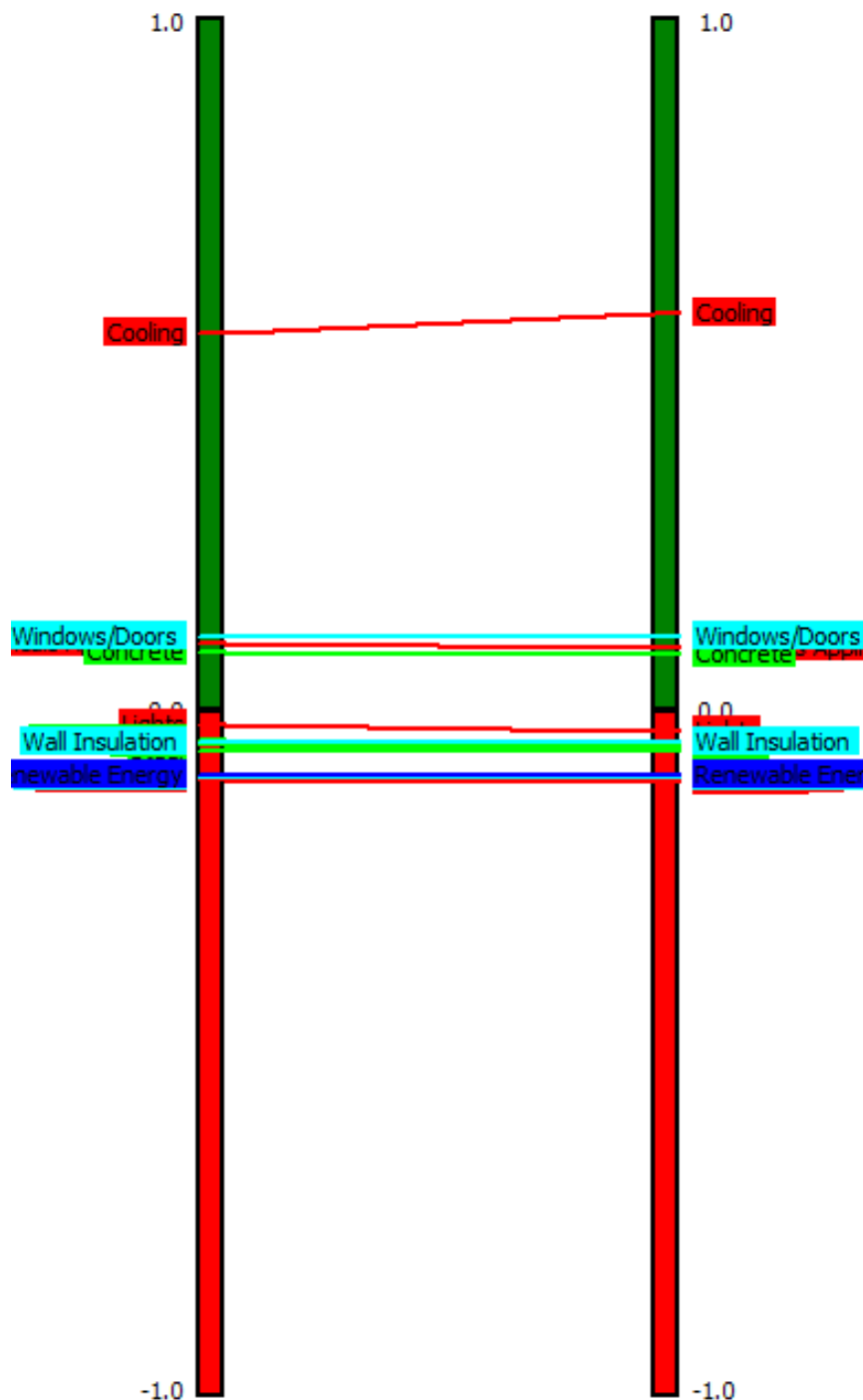


Διάγραμμα 51: Σενάριο Γ_{100} αποτύπωμα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών ως προς τον άξονα των οικονομικών κριτηρίων.

Πίνακας 30: Πίνακας κατάταξης επιρροής ενεργειών για το Σενάριο Γ_{100} .

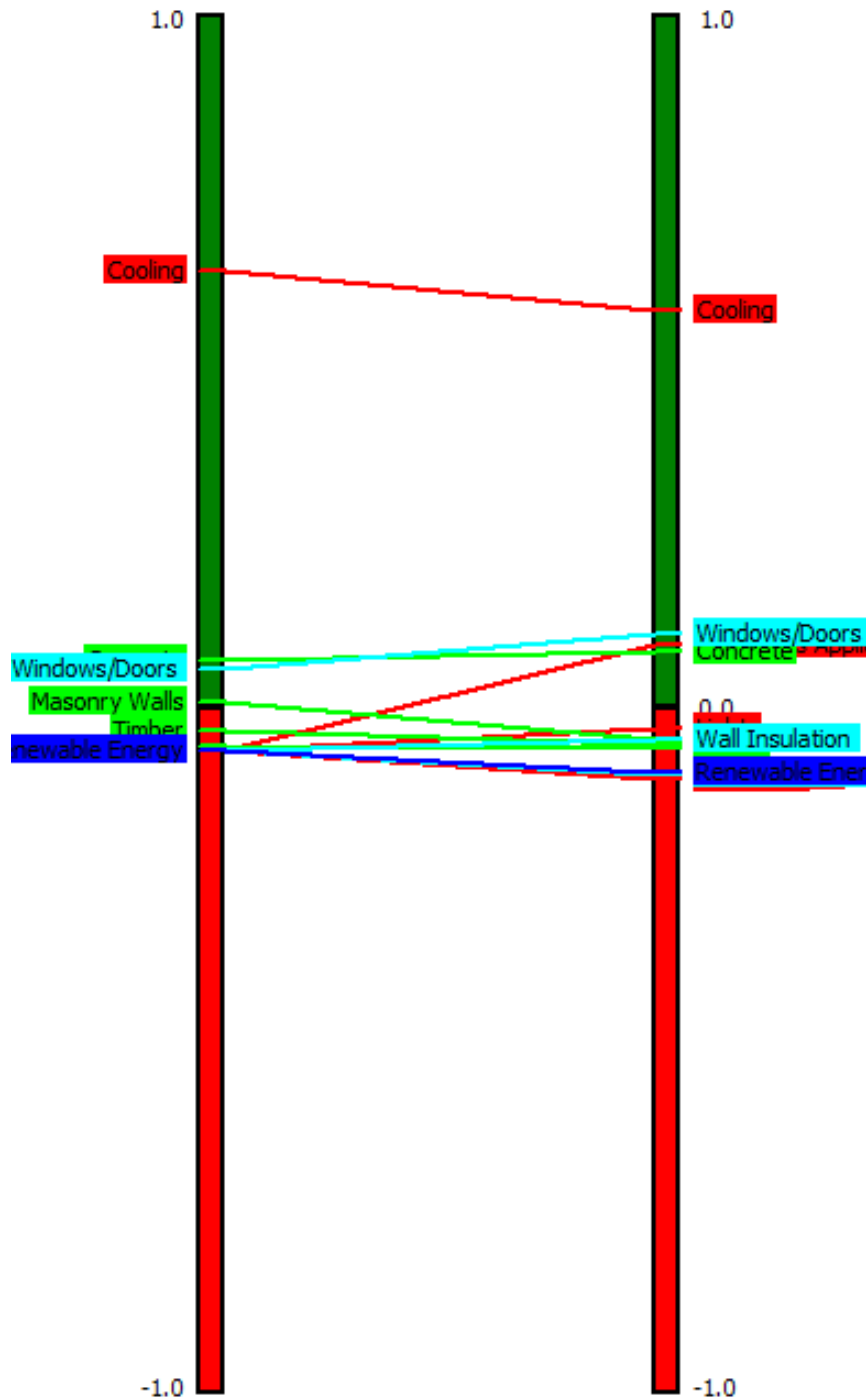
PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Cooling	■	0.5672	0.6175	0.0503
2	Windows/Doors	■	0.0953	0.1852	0.0899
3	Electricals Appliances	■	0.0787	0.1777	0.0990
4	Concrete	■	0.0705	0.1740	0.1034
5	Lights	■	-0.0429	0.0612	0.1041
6	Masonry Walls	■	-0.0580	0.0594	0.1174
7	Wall Insulation	■	-0.0602	0.0515	0.1117
8	Heating	■	-0.0608	0.0474	0.1082
9	Timber	■	-0.0648	0.0550	0.1198
10	Steel	■	-0.0719	0.0469	0.1188
11	Renewable Energy	■	-0.1078	0.0113	0.1191
12	Roof Insulation	■	-0.1120	0.0075	0.1196
13	Air Ventilation	■	-0.1153	0.0055	0.1208
14	Hot Water	■	-0.1181	0.0000	0.1181

Είναι εμφανές και στο διάγραμμα 54 όπου γίνεται η σύγκριση των δυο συνασπισμών και σεναρίων B₁₀₀ και Γ₁₀₀ ότι η επιρροή της της ενεργειακής κατανάλωσης μειώνεται. Ο λόγος είναι επειδή αυξάνεται η ενσωματωμένη ενέργεια και το κόστος των ενεργειών του σκυροδέματος (A7), του οπλισμού (A8) και της ξυλείας (A9).

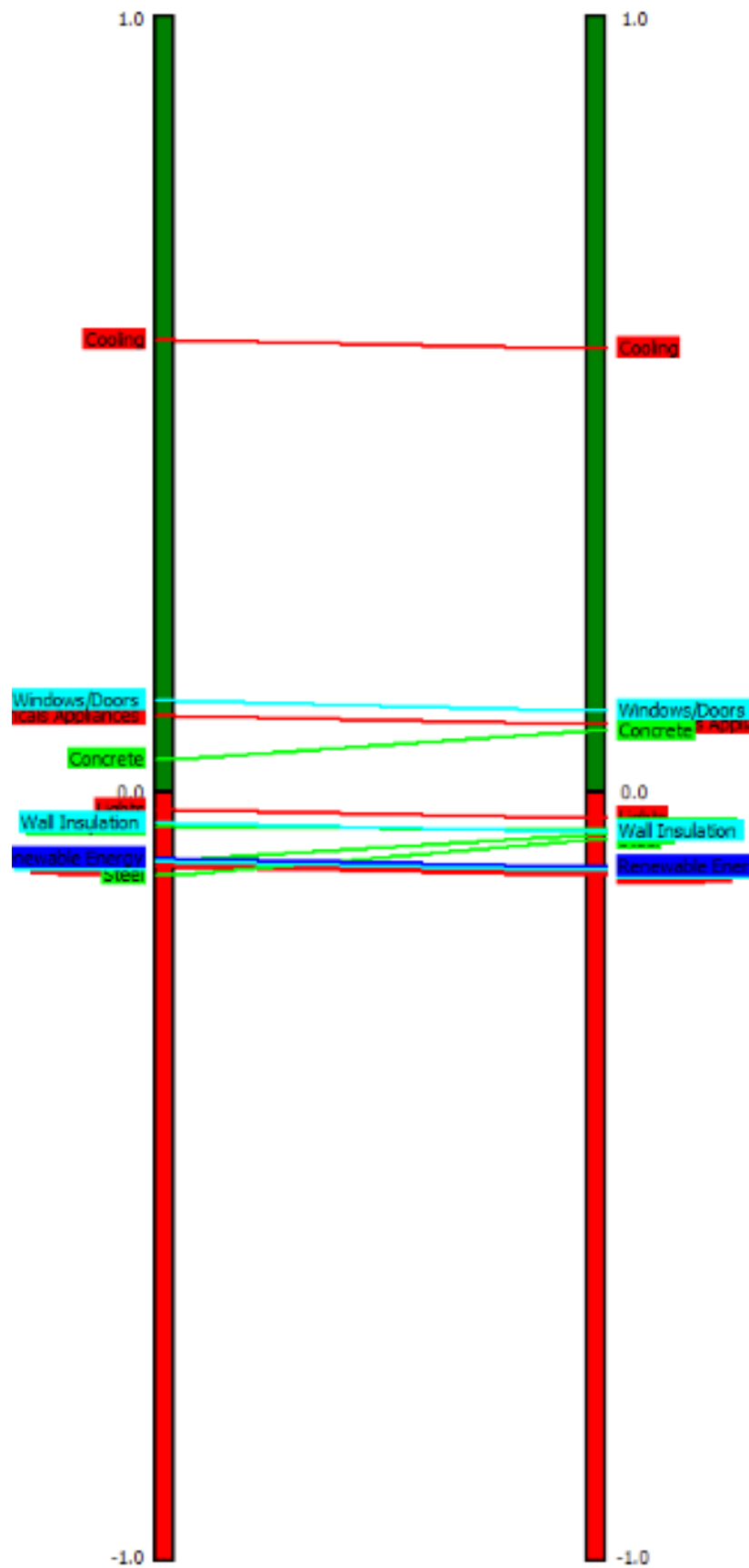


Διάγραμμα 52: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων Γ₇₅ αριστερά και με το Σενάριο Γ₁₀₀ στα δεξιά.

Επίσης εντοπίζεται ότι με βάση το σύστημα στατικής αναβάθμισης που χρησιμοποιήθηκε και παρόλο που οι άλλες ενέργειες επηρεάζονται από την ανανέωση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής που εφαρμόζεται για το συνασπισμό σεναρίων Γ δεν υπάρχει αλλαγή στην σειρά κατάταξης για τις πρώτες 5 ενέργειες.

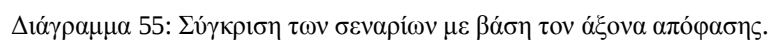


Διάγραμμα 53: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων A₁₀₀ με το Σενάριο Γ₁₀₀ στα δεξιά.

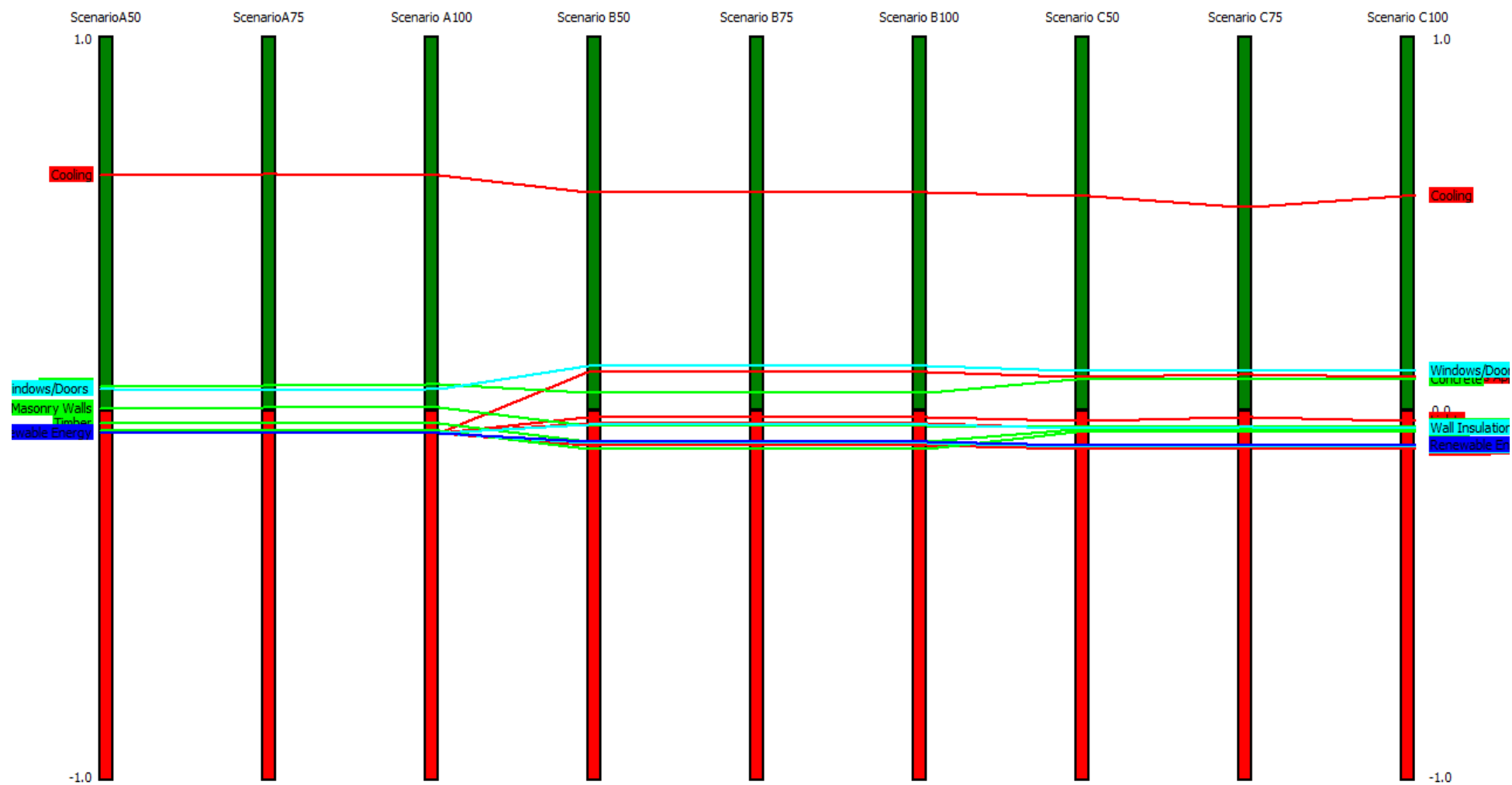


Διάγραμμα 54: Σύγκριση των ενεργειών μεταξύ των σεναρίων B₁₀₀ με το Σενάριο Γ₁₀₀ στα δεξιά.

Από το διάγραμμα 55 εμφανίζεται ότι τα πιο απομακρυσμένα σενάρια από τον άξονα απόφασης είναι τα σενάρια του συνασπισμού Γ.



170



Διάγραμμα 56: Σύγκριση των σεναρίων.

2.11.7 Επεξήγηση για το Στάδιο 6 του μοντέλου αξιολόγησης

Στο παρόν στάδιο εκτέλεσης 6 του μοντέλου αξιολόγησης με βάση τα αποτελέσματα των σεναρίων το μοντέλο αξιολόγησης θα καταλήξει στην τελική απόφαση η οποία θα βασιστεί στους ακόλουθους δείκτες:

- I. Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index: Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)
- II. Blue Building Investment(B.B.I) index: Final Life Cycle Total Cost (Thousands euro)(€)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)
- III. Decision Making Index (DMI) = Blue Building Investment(B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Συγκεκριμένα, για το κάθε σενάριο επέμβασης εκτελέστηκαν τα προηγούμενα στάδια εκτέλεσης της μεθοδολογίας. Με βάση τα προηγούμενα στάδια εκτέλεσης προκύπτει και το άθροισμα των περιβαλλοντικών κριτηρίων το οποίο αφορά το σύμπλεγμα του CO₂ και εκπροσωπείται από τον δείκτη G.B.G.C. Επιπρόσθετα προκύπτει το άθροισμα των οικονομικών κριτηρίων το οποίο αφορά το σύμπλεγμα των οικονομικών κριτηρίων και εκπροσωπείται από τον δείκτη B.B.I. Το μοντέλο αξιολόγησης καταλήγει στην τελική απόφαση με τον δείκτη απόφασης με βάση του αθροίσματος των αναφερόμενων δεικτών και επιλέγεται ως βέλτιστο σενάριο επέμβασης, αυτό με την μικρότερη τιμή του αθροίσματος των δυο δεικτών. Στην εξίσωση του τελικού δείκτη απόφασης θα μπορούσε να οριστούν συντελεστές βαρύτητας για τους δείκτες που ορίστηκαν ανάλογα με την πολιτική που θα ακολουθήσει το κάθε κράτος. Παράδειγμα χρήσης συντελεστών βαρύτητας στην τελική εξίσωση είναι να ληφθεί υπόψιν ένα ποσοστό συγχρηματοδότηση από το κράτος ακολουθώντας τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στην τελική υπολογιζόμενη τιμή της προτεινόμενης επέμβασης για το δείκτη Blue Building Investment(B.B.I) Index να την ελαττώνει κατά το ποσοστό συγχρηματοδότησης. Είναι σημαντικό στις επιλέξιμες δαπάνες συγχρηματοδότησης να είναι ξεκάθαρο ότι αφορούν όλες τις ενέργειες του συμπλέγματος.

Συνοψίζοντας ο τελικός δείκτης κατάταξης των σεναρίων και τελικής απόφασης με βάση συντελεστών βαρύτητας είναι το άθροισμα των δύο προτεινόμενων δεικτών ως εξής:

$$\text{Decision Making Index (DMI)} = W_1 \times \text{Blue Building Investment (B.B.I) Index} + W_2 \times \text{Green Building Gas CO}_2 \text{ (G.B.G.C) index}$$

Όπου,

W_1 είναι ο συντελεστής βαρύτητας του συμπλέγματος οικονομικών κριτηρίων και

W_2 είναι ο συντελεστής βαρύτητας του συμπλέγματος περιβαλλοντικών κριτηρίων

Στα πλαίσια της επεξήγησης του μοντέλου αξιολόγησης έχουν ληφθεί ίση οι συντελεστές βαρύτητας του κάθε συμπλέγματος, δηλαδή λήφθηκε η μονάδα και για τους δυο. Ακολουθεί παράδειγμα για την επεξήγηση της εφαρμογής των δεικτών στο μοντέλο αξιολόγησης. Όλες οι επεξηγήσεις που γίνονται αφορούν κτίριο το οποίο βρίσκεται σε Σεισμική ζώνη 1 με $a_g=0.25g$ και η υφιστάμενη φέρουσα του ικανότητα του κτιρίου είναι σε ασθενής επίπεδο. Το βιοκλιματικό περιβάλλον του κτιρίου, είναι σε παραλιακή πόλη της μεσογείου και το έτος κατασκευής του είναι το 1980. Ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής κατασκευής είναι τα 50 χρόνια χωρίς αντισεισμικούς κανονισμούς και η υφιστάμενη ηλικία κτιρίου είναι 40 χρόνια. Ενεργειακά η υφιστάμενη ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου με βάση εθνικό λογισμικό της Κυπριακής Δημοκρατίας (isbem-cy) είναι ενεργειακής κλάση Energy Label G (999.54 kWh/m²/y, 293.74kg CO₂/m²/y).

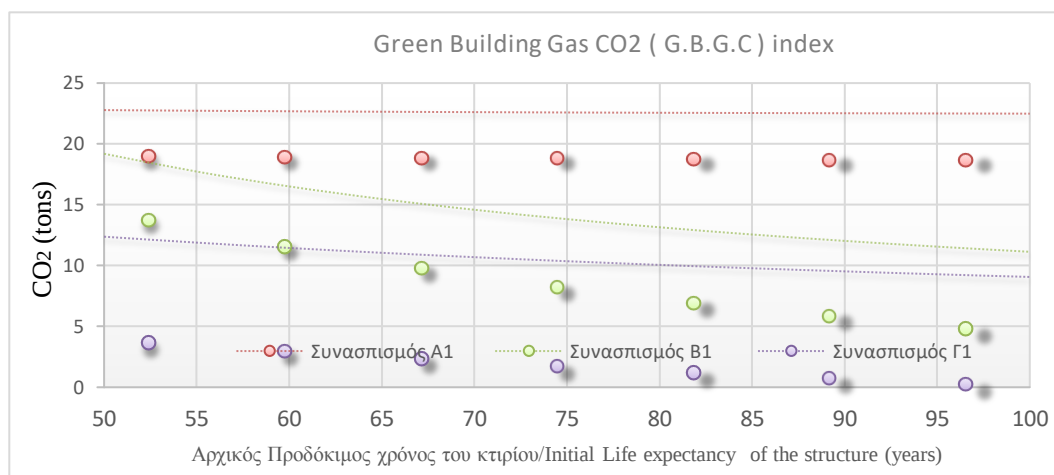
Στα διαγράμματα 57 και 58 αποτυπώνονται οι προτεινόμενοι δείκτες με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια μέχρι και τα 100 χρόνια. Από τα διαγράμματα 57 και 58 προκύπτει ότι το σενάριο επέμβασης Γ, δηλαδή με την ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής, είναι σε πλεονεκτική θέση από τα άλλα σενάρια επέμβασης. Για την αναφερόμενη μελέτη περίπτωσης έχουμε τα πιο κάτω αποτελέσματα για τα πιο κάτω σενάρια επέμβασης:

Συνασπισμός Α [Σενάρια (A₅₀,A₅₅,A₆₀,A₆₅,A₇₀,A₇₅,A₈₀,A₈₅,A₉₀,A₉₅,A₁₀₀)] και

Συνασπισμός Β [Σενάρια (B₅₀,B₅₅, B₆₀,B₆₅,B₇₀,B₇₅,B₈₀,B₈₅,B₉₀,B₉₅,B₁₀₀)] και

Συνασπισμός Γ [Σενάρια Γ (Γ₅₀,Γ₅₅,Γ₆₀,Γ₆₅,Γ₇₀,Γ₇₅,Γ₈₀,Γ₈₅,Γ₉₀,Γ₉₅,Γ₁₀₀)]

Ο δείκτης **G.B.G.C** αποτυπώνεται στο πιο κάτω σχεδιάγραμμα:

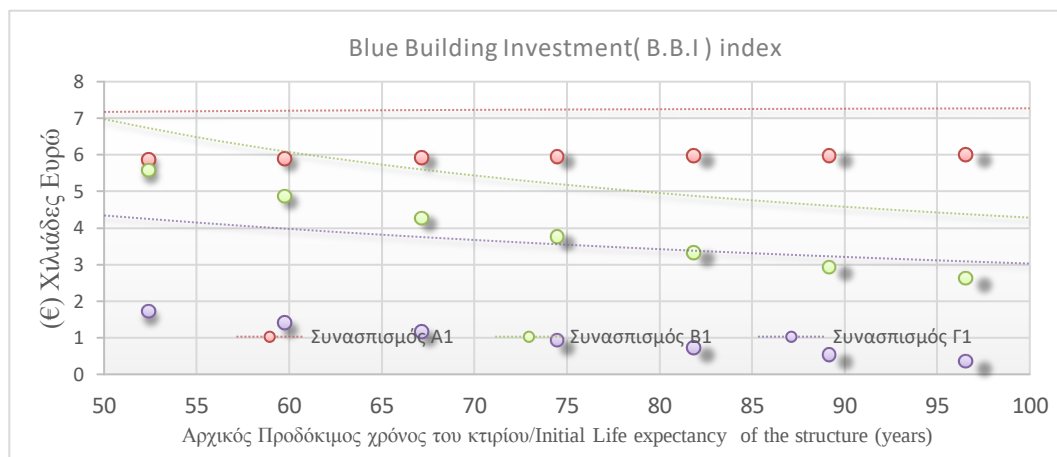


Διάγραμμα 57: Final Life Cycle Footprint CO2 (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Με βάση το διάγραμμα 57 παρουσιάζεται η συμπεριφορά του περιβαλλοντικού δείκτη και για τους τρεις συνασπισμούς σε σχέση με το αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τους. Να επισημάνουμε ότι σχετικά με το αρχικό ορισμό του προσδόκιμου χρόνου ζωής η τιμή σχεδιασμού για τις κατοικίες δεν ξεπερνά τα 50 χρόνια αλλά στη μελέτη ορίστηκαν μεγαλύτερες τιμές προσδόκιμου χρόνου ζωής. Ο λόγος είναι να συμπεριληφθούν και οι περιπτώσεις όπου υφιστάμενα κτίρια είναι σχεδιασμένα με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια αλλά σήμερα είναι πέραν των 50 χρόνων η υφιστάμενη ηλικία τους. Στα διαγράμματα λαμβάνεται υπόψη μέχρι και 100 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής για τα υπό μελέτη κτίρια. Με βάση το διάγραμμα 57 εντοπίζεται ότι το μοντέλο αξιολόγησης υποδεικνύει ως βέλτιστη λύση επέμβασης μόνο το σενάριο επέμβασης B₁₀₀ του συνασπισμού Β ως το μόνο σενάριο ως προς τα σενάρια Γ₆₀, Γ₅₅ και Γ₅₀ του συνασπισμού Γ. Συμπερασματικά το αποτέλεσμα που προκύπτει ότι για το υφιστάμενο κτίριο μελέτης είναι επειδή γίνεται η παραδοχή για το σχεδιασμό του να λήφθηκε υπόψη ένας αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής της τάξης των 100 χρόνων. Στο διάγραμμα εμφανίζεται ότι μόνο τότε το σενάριο επέμβασης του συνασπισμού B₁₀₀ είναι επικρατέστερο των σεναρίων Γ₅₀, Γ₅₅ και Γ₆₀ του συνασπισμού Γ, δηλαδή για τους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής των 50, 55 και 60 ετών αντίστοιχα. Δηλαδή το υφιστάμενο κτίριο χωρίς καμία επέμβαση στο στατικό του φορέα θα πρέπει να είναι ακέραιο και να λειτουργεί πέραν των 100 χρόνων από την κατασκευή του για να

είναι επικρατέστερο περιβαλλοντικά των σεναρίων Γ_{50} , Γ_{55} και Γ_{60} του συνασπισμού Γ .

Στην συνέχεια ο δείκτης **B.B.I** αποτυπώνεται στο διάγραμμα 58:



Διάγραμμα 58: Final Life Cycle Total Cost (€)(euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 58 εμφανίζεται μόνο το σενάριο B_{100} του συνασπισμού B να είναι επικρατέστερο μόνο ως προς το σενάριο Γ_{50} του συνασπισμού Γ για τα οικονομικά κριτήρια. Συμπερασματικά το αποτέλεσμα που προκύπτει ότι για το υφιστάμενο κτίριο μελέτης είναι επειδή γίνεται η παραδοχή για το σχεδιασμό του να λήφθηκε υπόψη ένας αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής της τάξης των 100 χρόνων. Επομένως εφόσον θα είναι σε λειτουργία το υφιστάμενο κτίριο, τότε μόνο το σενάριο επέμβασης του συνασπισμού B_{100} είναι επικρατέστερο οικονομικά του σεναρίου Γ_{50} του συνασπισμού Γ για τον αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής των 50 ετών αντίστοιχα.

Στα διαγράμματα 57 και 58 διατυπώνεται η απεικόνιση των συνασπισμών σε σχέση με τον αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του κτιρίου και όταν αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος της δομικής κατασκευής εντοπίζεται η αθροιστική επίπτωση του αποτυπώματος του κτιρίου είναι σταθερή στο Συνασπισμό επέμβασης A , ενώ στο συνασπισμό επέμβασης B και συνασπισμό επέμβασης Γ μειώνεται.

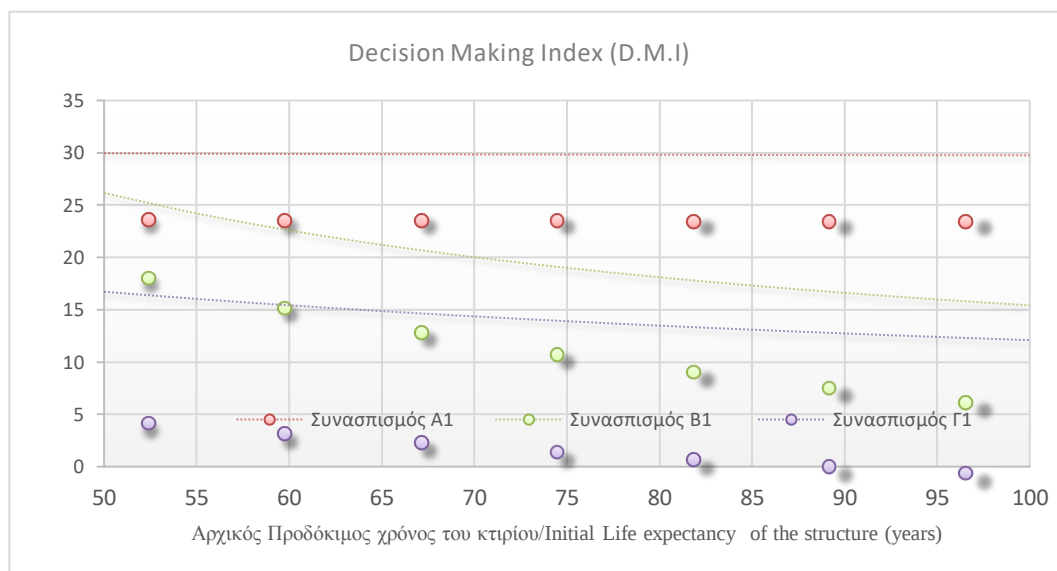
Για παράδειγμα από το διάγραμμα 57 εμφανίζεται ότι για αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια οι δείκτες για τα τρία σενάρια έχουν ως εξής:

- για το Σενάριο A_{50} : ο δείκτης **G.B.G.C** = 22,78 tons/yr,
- για το Σενάριο B_{50} : ο δείκτης **G.B.G.C** = 19.19 tons/yr και
- για το Σενάριο Γ_{50} : ο δείκτης **G.B.G.C** = 12,37 tons/yr.

Και από το διάγραμμα 58 εμφανίζεται ότι:

- για το Σενάριο A₅₀: ο δείκτης **B.B.I** = 7,173 K€/year,
- για το Σενάριο B₅₀: ο δείκτης **B.B.I** = 6,97 K€/year, και
- για το Σενάριο Γ₅₀: ο δείκτης **B.B.I** = 4,343 K€/year

Συνοψίζοντας στο στάδιο εκτέλεσης 6, γίνεται ο τελικός υπολογισμός και των τριών δεικτών, όπου προτείνεται ο βέλτιστος συνασπισμός και το βέλτιστο σενάριο επέμβασης του υφιστάμενου κτιρίου για κάθε μελέτη περίπτωση. Στο παράδειγμα μελέτης περίπτωσης που αποτυπώθηκε εμφανίζεται στο διάγραμμα 59 ότι για αρχικό προσδόκιμο χρόνου ζωής τα 50 χρόνια όπως προβλέπει τις περισσότερες φορές ο κανονισμός ως αρχικό προσδόκιμο χρόνος ζωής του σχεδιασμού του κτιρίου, βέλτιστο σενάριο είναι το Σενάριο επέμβασης Γ₅₀. Για την συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης το Γ₅₀ είναι το βέλτιστο σενάριο επιλογή επέμβασης σε σχέση με τους προτεινόμενους δείκτες της μεθοδολογίας όσο αφορά τα σενάρια A₅₀ και B₅₀ των άλλων συνασπισμών.



Διάγραμμα 59: $D.M.I = Blue\ Building\ Investment(B.B.I)Index + Green\ Building\ Gas\ CO_2 (G.B.G.C)index$

Επιπρόσθετα από το διάγραμμα 59 προκύπτει ότι το σενάριο B₁₀₀ με αρχικό προσδόκιμο χρόνου ζωής τα 100 χρόνια ταυτίζεται με το σενάριο Γ₆₀ με αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 60 χρόνια. Δηλαδή το σενάριο B₁₀₀ έχει τον ίδιο δείκτη απόφασης με το σενάριο Γ₆₀. Το παράδειγμα του διαγράμματος 59 μας υποδεικνύει ότι στην προκειμένη μελέτη περίπτωσης υφιστάμενου κτιρίου το μοντέλο

αξιολόγησης υποδεικνύει ως βέλτιστη λύση επέμβασης μόνο το σενάριο B_{100} του συνασπισμού B ως προς τα σενάρια Γ_{55} και Γ_{50} του συνασπισμού Γ. Επομένως το συμπέρασμα που προκύπτει για το υφιστάμενο κτίριο μελέτης περίπτωσης, όπου γίνεται η παραδοχή να λήφθηκε υπόψη για το σχεδιασμό του ένας αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής της τάξης των 100 χρόνων μόνο τότε το σενάριο επέμβασης B_{100} του συνασπισμού B, είναι επικρατέστερο των σεναρίων Γ_{55} και Γ_{50} του συνασπισμού Γ για τους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής των 55 και 50 ετών αντίστοιχα. Το ρίσκο όμως για την ασφάλεια της ακεραιότητας του κτιρίου είναι πολύ μεγάλη ειδικά σε κτίρια που βρίσκονται σε παραλιακές ζώνες με έντονη σεισμική δραστηριότητα και περιβαλλοντικές συνθήκες και αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής σχεδιασμού 50 χρόνια και χωρίς να λαμβάνει υπόψη σεισμικούς κανονισμούς να αναμένουμε ότι ο τελικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου θα είναι 100 χρόνια.

3 Παραμετρικές αναλύσεις και αποτελέσματα.

Στα πλαίσια της επεξήγησης των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων του μοντέλου αξιολόγησης εκτελέστηκαν παραμετρικές αναλύσεις. Μέσω των παραδοτέων έγινε επιβεβαίωσή της δυνατότητας της μεθοδολογίας ως προς την ικανότητα της εκτίμησης της βέλτιστης προσέγγισης αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων. Ως εκ τούτου επιλέγηκε να εφαρμοστεί το μοντέλο αξιολόγησης σε ένα υφιστάμενο κτίριο για την εξεύρεσή του βέλτιστου σεναρίου επέμβασης. Το κτίριο εξετάστηκε για αρκετές παραλλαγές κλιματικών και σεισμικών απαιτήσεων. Έγινε προσπάθεια να μελετηθεί ένα φάσμα των περιπτώσεων και να αξιολογηθούν οι βέλτιστες πρακτικές προσέγγιση επέμβασης, στο υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο, το οποίο για όλες τις σεισμικές και κλιματολογικές ζώνες έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, προσανατολισμό και εμβαδό δόμησης. Στην αναφερόμενη μελέτη έγιναν διάφορες τροποποιήσεις ακόμα και της ημερομηνίας κατασκευής του κτιρίου. Συγκεκριμένα για κάθε τροποποίηση της ημερομηνίας κατασκευής του κτιρίου, έγινε και η παραδοχή της τροποποίησης των αποδόσεων των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ανάλογα με την τότε εξέλιξη της τεχνολογίας. Όσο αφορά την φέρουσα ικανότητα του κτιρίου έγινε με βάση το χρονικό πλαίσιο κατασκευής του. Επομένως στις περιπτώσεις που πρέπει να ληφθεί

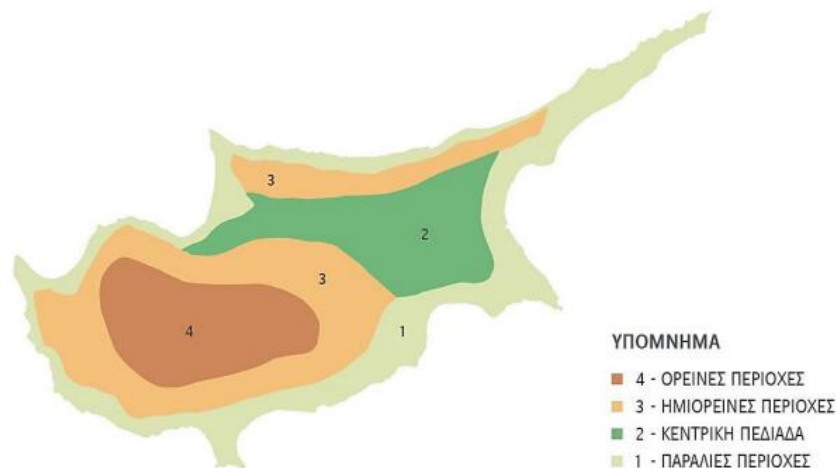
υπόψη αντισεισμικός σχεδιασμός χρησιμοποιούνται οι κανονισμοί που ίσχυαν την συγκεκριμένη περίοδο που εξετάζεται.

Αναλυτικότερα τα κτίρια εξετάστηκαν στις πιο κάτω κλιματικές και σεισμικές ζώνες όπως αποτυπώνονται στα διαγράμματα 60 και 61:

1. Το κτίριο να βρίσκεται σε κλιματική ζώνη 1 και σεισμική ζώνη 3 όπου αφορά κτίρια τα οποία βρίσκονται σε παραλιακές πόλεις της Κυπριακής Δημοκρατίας.
2. Το κτίριο να βρίσκεται σε κλιματική ζώνη 2 και σεισμική ζώνη 2 όπου αφορά κτίρια τα οποία βρίσκονται στην ενδοχώρα της Κυπριακής Δημοκρατίας.
3. Το κτίριο να βρίσκεται σε κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1 όπου αφορά κτίρια τα οποία βρίσκονται στην ορεινή περιοχή της Κυπριακής Δημοκρατίας.



Διάγραμμα 60:Σεισμικές ζώνες στην Κυπριακή Δημοκρατία, [145].



Διάγραμμα 61:Κλιματικές ζώνες στην Κυπριακή Δημοκρατία, [146].

Αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά τα οποία τροποποιούνται στα υπό μελέτη κτίρια τα οποία εξετάστηκαν με το μοντέλο αξιολόγησης καταγράφονται στο πίνακα 31.

Πίνακας 31: Πίνακας με χρονολογίες κατασκευής των κτιρίων και ενεργειακά δεδομένα της παραμετρικής ανάλυσης.

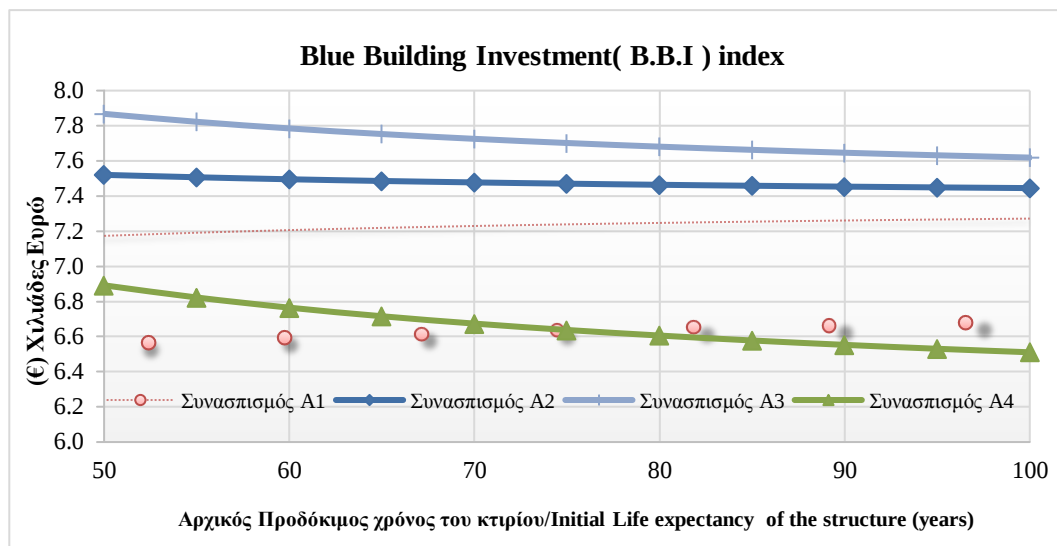
A/A	Έτος Κατασκευής	Θέρμανση COP	Ψύξη EER	Τύπος Λαμπτήρα	Υαλοπίνακες Uvalue (W/m2K)	Τοιχοποιία Uvalue (W/m2K)	Κολώνες Uvalue (W/m2K)	Οροφή Uvalue (W/m2K)
1	1980	2.20	2.00	Πυρακτώσεως	4.957 (Μονός Υαλοπίνακας Ξύλινο Frame)	1.763	3.367	4.419
2	1994	2.72	3.00	Λάμπες Φθορισμού	6.1 (Μονός Υαλοπίνακας Αλουμίνιο Frame)	1.763	3.367	4.419
3	2008	3.20	4.90	Λάμπες Φθορισμού	4.1 (Διπλός Υαλοπίνακας Αλουμίνιο Frame)	1.763	3.367	4.419
4	2010	3.20	4.90	Λάμπες Φθορισμού	3.8 (Διπλός Υαλοπίνακας Αλουμίνιο Θερμομονωτικό Frame)	0.85	0.85	0.75
5	2013	3.90	5.50	Led	3.23 (Διπλός Υαλοπίνακας Αλουμίνιο Θερμομονωτικό Frame)	0.72	0.72	0.63
6	2020	4.10	6.10	Led	2.25 (Διπλός Υαλοπίνακας Αλουμίνιο Θερμομονωτικό Frame)	0.4	0.4	0.4

Οι όροι συντελεστής απόδοσης (COP) και ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EER) περιγράφουν τη θερμική και ψυκτική απόδοση των κλιματιστικών. Δείχνουν την αναλογία θέρμανσης ή ψύξης που παρέχεται από μια μονάδα σε σχέση με την

ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή της. Επομένως όταν ένα κλιματιστικό παράγει 5 kW θερμότητας, καταναλώνοντας 1 kW ηλεκτρικής ενέργειας, τότε ο συντελεστής απόδοσης του (COP) του είναι 5.0. Το ίδιο εφαρμόζεται όταν ένα κλιματιστικό παράγει 5 kW ψύξης, καταναλώνοντας 1 kW ηλεκτρικής ενέργειας, τότε ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EER) επίσης είναι 5.0. Ενημερωτικά όσο υψηλότεροι είναι οι συντελεστές COP και EER, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικά είναι τα κλιματιστικά.

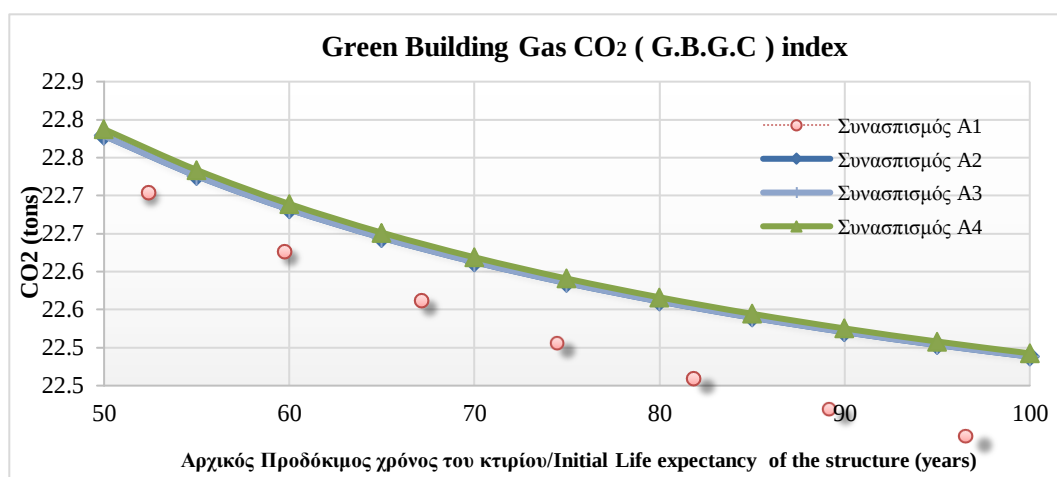
3.1 Ανάλυση 1.-Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 1 και σεισμική ζώνη 3.

Στην πρώτη ανάλυση το υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο βρίσκεται στη κλιματική ζώνη 1 δηλαδή σε παραλιακή ζώνη και στη σεισμική ζώνη 3 με εδαφική επιτάχυνση $a_g = 0.25g$. Εφαρμόστηκε το μοντέλο αξιολόγησης και στο διάγραμμα 62 αποτυπώνεται η συμπεριφορά του οικονομικού δείκτη. Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι, η ανάλυση έγινε αρχικά με την παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου κτιρίου, το οποίο κατασκευάστηκε το 1980. Βασική διαφορά είναι μόνο η ημερομηνία κατασκευής τους. Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε για να εντοπιστεί η επιρροή της διαφοράς της ηλικίας των υφιστάμενων κτιρίων. Δηλαδή στους υπολογισμούς λαμβάνεται μόνο υπόψη η υφιστάμενη ηλικία της κατασκευής, όπως επηρεάζεται από το έτος κατασκευής, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι τεχνολογικές εξελίξεις και πρακτικές εφαρμογής των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων. Επομένως από το διάγραμμα 62 για το συνασπισμό Α εμφανίζεται ότι, όσο νεότερο στην υφιστάμενη ηλικία είναι το υφιστάμενο κτίριο, συγκεκριμένα συγκρίθηκαν για τα έτη 1980, 1994 και 2008, τόσο αυξάνεται ο οικονομικός δείκτης. Αυτό προκύπτει διότι το κτίριο χωρίς την αντισεισμική αναβάθμιση, επωμίζεται το επιπλέον οικονομικό κόστος από το ασφάλιστρο που εφαρμόζεται στο υφιστάμενο κτίριο για να μειωθεί το υψηλό ρίσκο της επένδυσης προς τις σεισμικές ζημιές του κτιρίου και της ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής. Το υφιστάμενο κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013, έχει σχεδιαστεί με αντισεισμικούς κώδικες, γι' αυτό παρουσιάζεται με τον καλύτερο οικονομικό δείκτη.



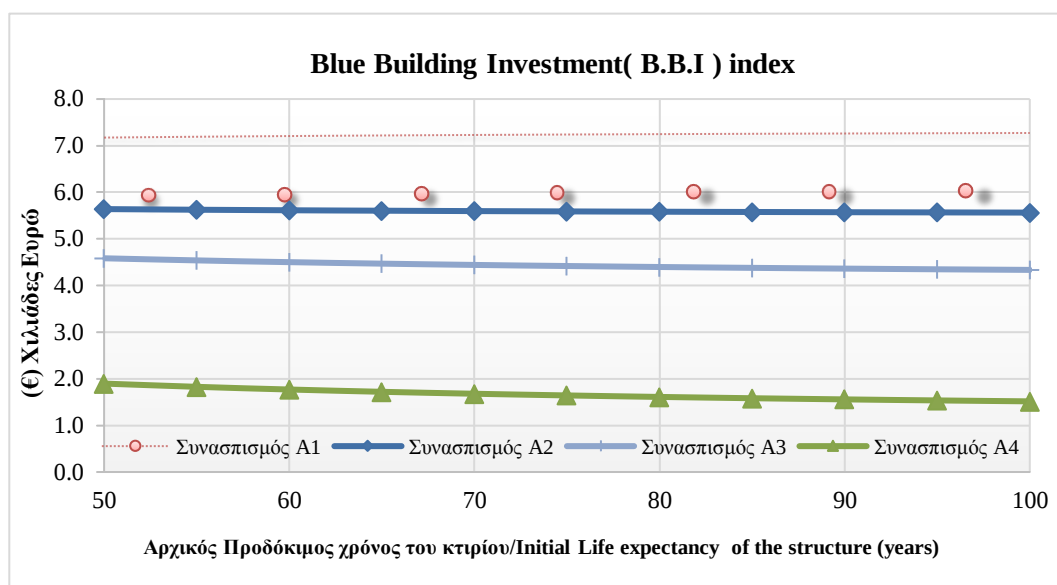
Διάγραμμα 62 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στη συνέχεια στο διάγραμμα 63, παρουσιάζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με την παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου κτιρίου που κατασκευάστηκε το 1980. Από το διάγραμμα 63, διαπιστώνεται ότι ο περιβαλλοντικός τους δείκτης, ταυτίζεται για τα κτίρια 1980,1994,2008. Για το κτίριο του 2013, το αποτύπωμα είναι ελάχιστα μεγαλύτερο λόγω του ενσωματωμένου αποτυπώματος του αντισεισμικού φέροντα οργανισμού και στο διάγραμμα 63 εμφανίζεται η μικρή διαφορά.



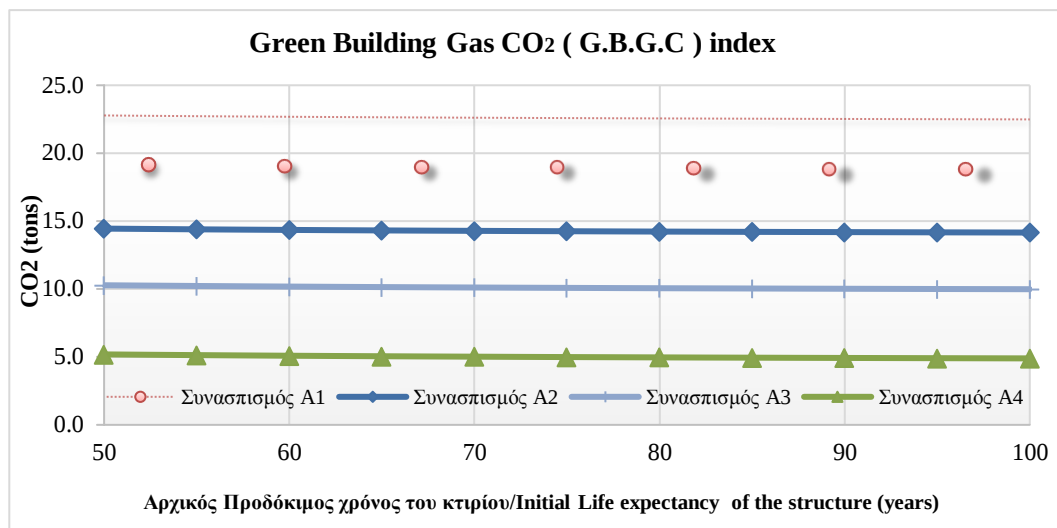
Διάγραμμα 63 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Επανεξετάστηκε η περίπτωση και εφαρμόστηκε το μοντέλο αξιολόγησης για το κτίριο, αναιρώντας όμως την παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων και εφαρμόστηκαν οι τεχνολογικές εξελίξεις και πρακτικές εφαρμογής των ετών κατασκευής όπως αναφέρονται στον πίνακα 31. Κάποιος θα ανάμενε ότι, όσο νεότερο είναι το υφιστάμενο κτίριο, τόσο μικρότερος να είναι ο δείκτης οικονομικών κριτηρίων, και αυτό συμβαίνει. Να επισημανθεί ότι, όπως παρατηρείται και από τον πίνακα 31, τα συστήματα ψύξης θέρμανσης με την πάροδο των ετών βελτιώνονται. Επίσης με την πάροδο των ετών αναθεωρείται και η νομοθεσία με την εφαρμογή κατώτατων ορίων για ενεργειακές αποδόσεις δομικών στοιχείων του κελύφους των κτιρίων. Επίσης από το διάγραμμα 64, διαπιστώνεται ότι για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013, ο οικονομικός του δείκτης είναι σε πλεονεκτικότερη θέση από όλα τα άλλα κτίρια.



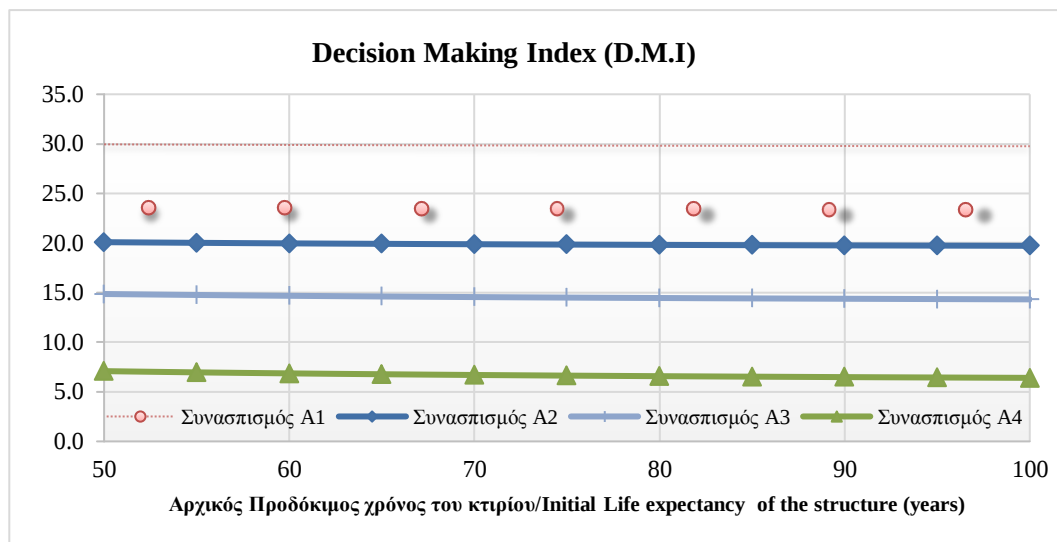
Διάγραμμα 64 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 65 φαίνεται ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας επηρεάζει τον περιβαλλοντικό δείκτη, και όσο νεότερο είναι το υφιστάμενο κτίριο τόσο μειώνονται οι τιμές του. Στο διάγραμμα 65, για το συνασπισμό Α, ο περιβαλλοντικός δείκτης δεν ταυτίζεται πλέον για τα κτίρια 1980, 1994 και 2008. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, δεν είναι το ίδιο για τα κτίρια εφόσον κάποια χαρακτηριστικά τους, όπως εμφανίζονται και στον πίνακα 31, είναι διαφορετικά λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας.



Διάγραμμα 65 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

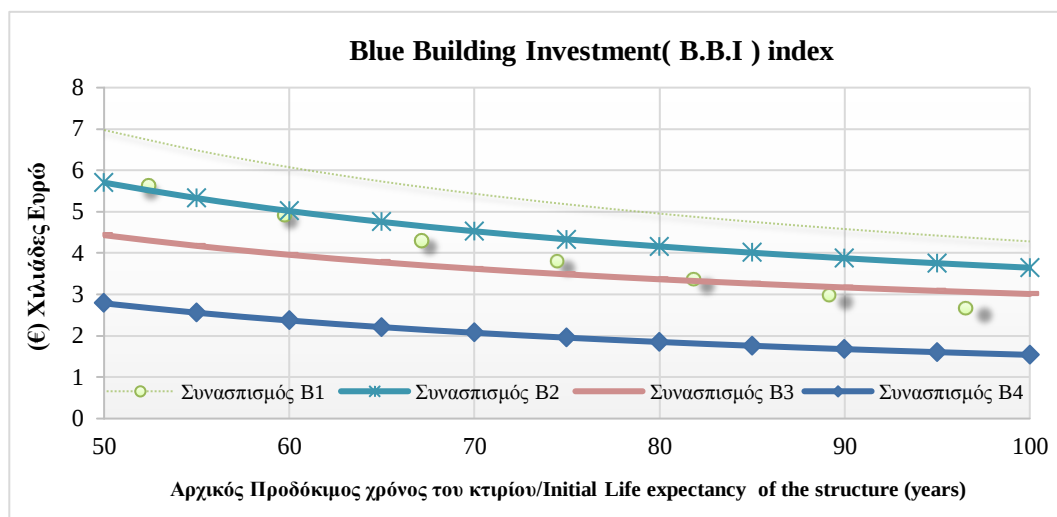
Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα, από το δείκτη απόφασης που αποτυπώνεται στο διάγραμμα 66, είναι εμφανές ότι το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1980, έχει τον μεγαλύτερο δείκτη για το συνασπισμό A. Ακολουθεί το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1994, ακολούθως το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2008 και τέλος το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013. Συμπερασματικά επιβεβαιώνεται εδώ, ότι τα μεγαλύτερα σε ηλικία κτίρια έχουν και το μεγαλύτερο δείκτη απόφασης, άρα είναι επείγουσα η ανάγκη αναβάθμισής τους.



Διάγραμμα 66: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

Στην συνέχεια εξετάστηκε ο συνασπισμός B. Στο διάγραμμα 67, αποτυπώνονται οι οικονομικοί δείκτες των κτιρίων με την παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά

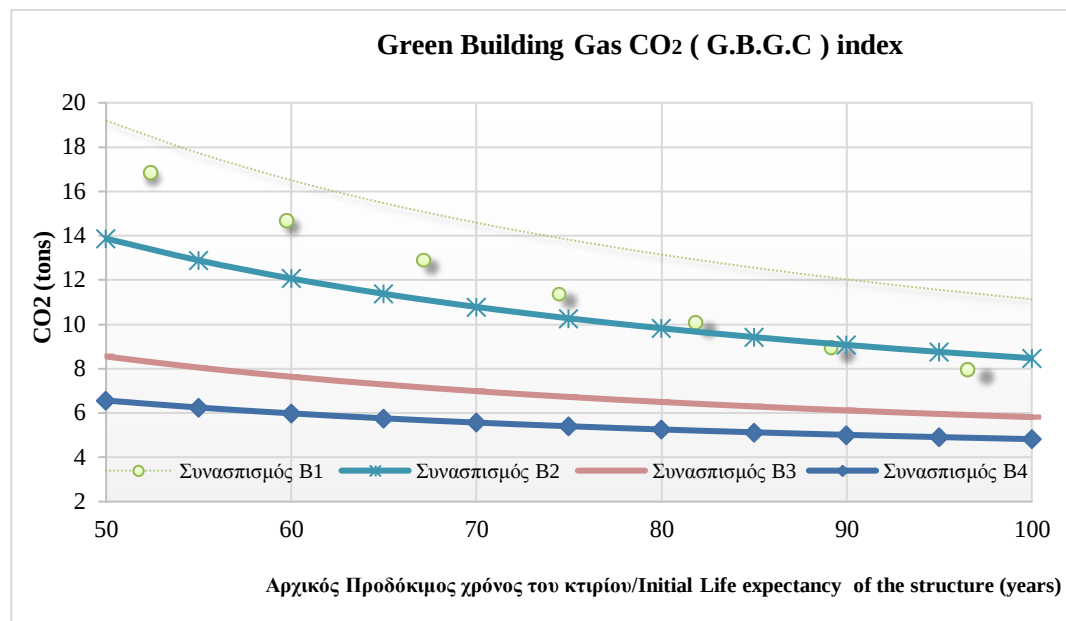
χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων. Από το διάγραμμα 67, εντοπίζεται να αυξάνεται ο οικονομικός δείκτης, όπως συμβαίνει και στο συνασπισμό Α, όταν αυξάνεται η ηλικία κατασκευής του κτιρίου. Το συμπέρασμα και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ότι όταν η ενεργειακή αναβάθμιση εφαρμόζεται νωρίτερα στην όλη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου, τότε το οικονομικό αποτύπωμα είναι μικρότερο. Η μείωση προέρχεται από την εξοικονόμηση στην ενεργειακή κατανάλωση, στο τελικό οικονομικό αποτύπωμα, και αυτή καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα. Όσο αφορά την αύξηση του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής και του έτους κατασκευής, αυτό βοηθά στην περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας και είναι εμφανές στο διάγραμμα 67. Να ληφθεί υπόψη ότι και στο συνασπισμό Β, τα κτίρια χωρίς αντισεισμική προστασία επωμίζονται το οικονομικό κόστος του ασφαλιστρου προς τις σεισμικές ζημιές και το κόστος για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής που εξυπηρετούν.



Διάγραμμα 67 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στην συνέχεια στο διάγραμμα 68, παρουσιάζεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με παραδοχή και εδώ να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων. Και εδώ διαπιστώνεται ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, όπως αναμενόταν, είναι διαφορετικό, και ο λόγος είναι επειδή η επέμβαση της ενεργειακής αναβάθμισης εφαρμόζεται σε διαφορετικό χρονικό πλαίσιο της υφιστάμενης ζωής για το κάθε εξεταζόμενο κτίριο. Επομένως, εφόσον η αναβάθμιση γίνεται σε διαφορετικό στάδιο της ζωής τους, λόγω της διαφορετικής υφιστάμενης ηλικίας, τότε προκύπτει διαφορετικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

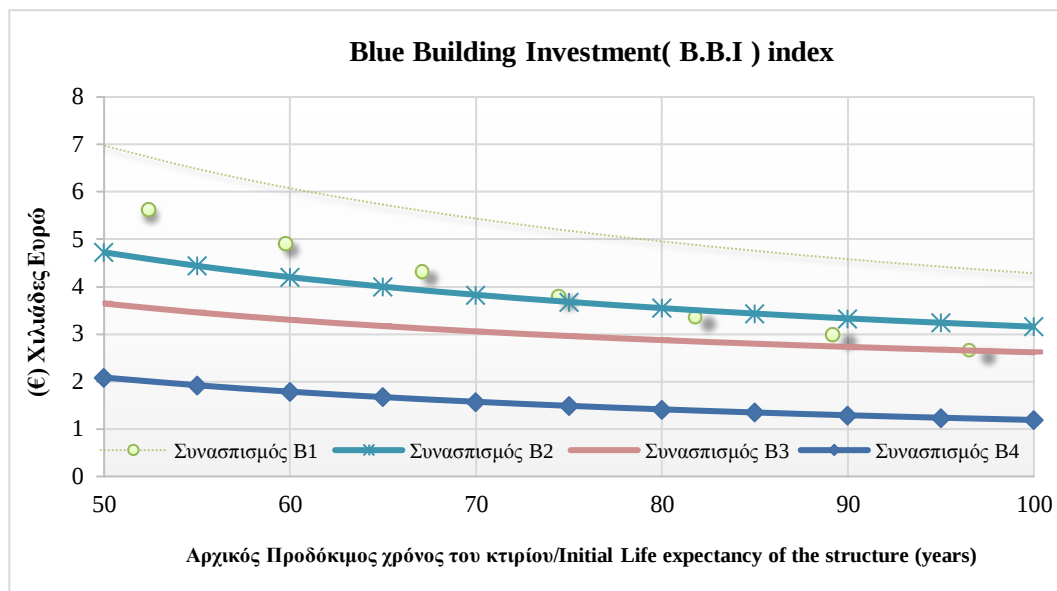
Επίσης στο διάγραμμα 68, εντοπίζεται ότι τον μικρότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τον συνασπισμό B, τον έχει το νεότερο κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013, και ως υφιστάμενο κτίριο είναι το πιο ενεργειακά βέλτιστο υφιστάμενο κτίριο.



Διάγραμμα 68 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

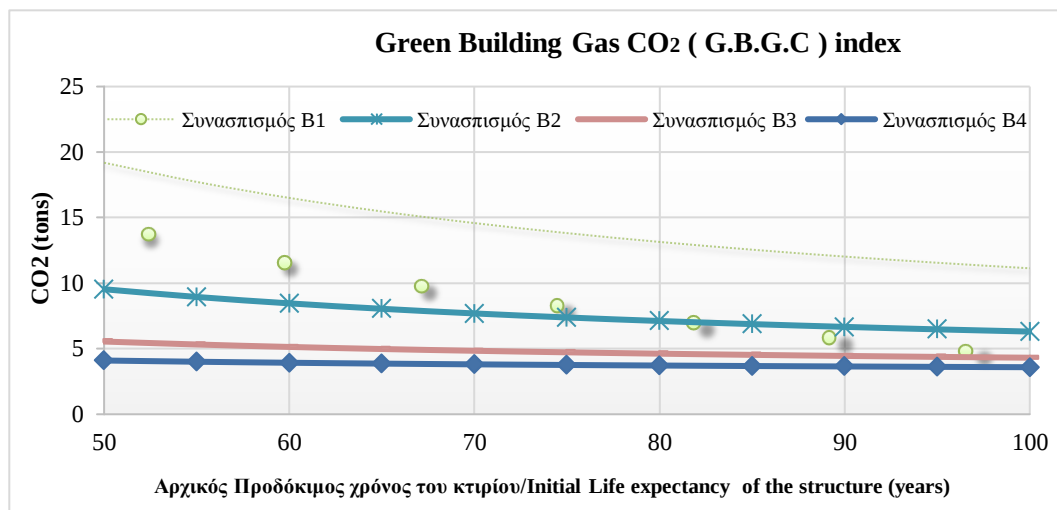
Στο διάγραμμα 69, λαμβάνονται στους υπολογισμούς όλες οι τροποποιήσεις του πίνακα 31. Και σε αυτό το διάγραμμα, εμφανίζεται και πάλι ότι, όσο νωρίτερα εφαρμόσεται η επέμβαση αναβάθμισης στο κτίριο, τόσο επηρεάζεται θετικά το αποτέλεσμα και μειώνεται το τελικό οικονομικό αποτύπωμα κόστους του κτιρίου. Δηλαδή όσο μικρότερη είναι η υφιστάμενη ηλικία ενός υφιστάμενου κτιρίου τόσο περισσότερος χρόνος λειτουργίας υπάρχει μετά την εφαρμογή της επέμβασης.

Επίσης παρατηρείται ότι ο οικονομικός δείκτης, είναι μικρότερος στα κτίρια που εφαρμόστηκαν οι τεχνολογικές εξελίξεις συγκριτικά με τα κτίρια που δεν εφαρμόστηκαν και αυτά αποτυπώνονται στο διάγραμμα 67 και 69. Δηλαδή η κατάταξη για το συνασπισμό B, εμφανίζεται στο διάγραμμα 69 με μεγαλύτερη μείωση του οικονομικού αποτυπώματος συγκριτικά με αυτό που αποτυπώνεται στο διάγραμμά 67.



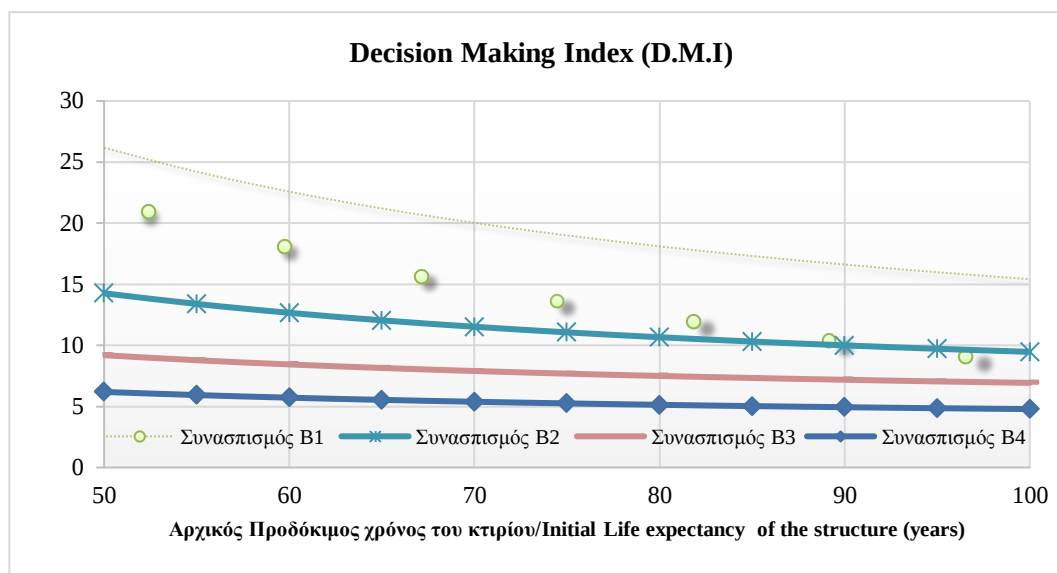
Διάγραμμα 69 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 70, λαμβάνονται στους υπολογισμούς και πάλι όλες οι τροποποιήσεις του πίνακα 31. Από το διάγραμμα 70, διαπιστώνεται ότι, για το συνασπισμό B, ο περιβαλλοντικός δείκτης δεν ταυτίζεται, αλλά τα αποτελέσματα των υφιστάμενων κτιρίων 1994 και 2008 βελτιώνονται και έχουν μικρότερες τιμές οι οποίες πλησιάζουν και τις τιμές του κτιρίου του 2013. Τον μικρότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τον συνασπισμό B, τον έχει το νεότερο κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013, ως νεότερο υφιστάμενο κτίριο είναι το πιο ενεργειακά βέλτιστο με προτεινόμενη ενεργειακή αναβάθμιση.



Διάγραμμα 70 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

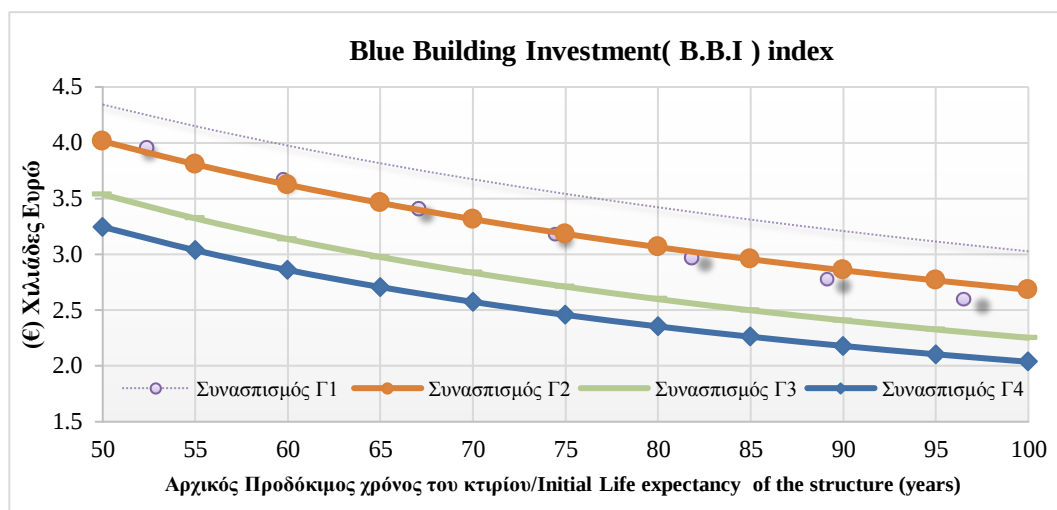
Συνοψίζοντας τα πιο πάνω διαγράμματα στο διάγραμμα 71, εντοπίζεται ότι για το συνασπισμό Β, τον μεγαλύτερο δείκτη απόφασης τον έχει το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1980 και ακολουθεί το κτίριο που κατασκευάστηκε το 1994, ακολούθως το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2008 και τέλος το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013.



Διάγραμμα 71: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

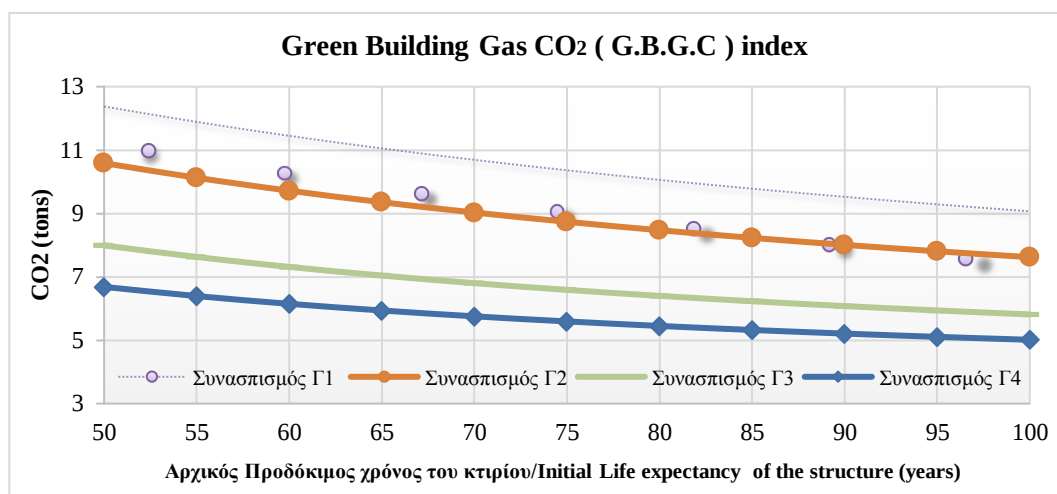
Μετέπειτα εξετάστηκε και ο Συνασπισμός Γ, όπου στο διάγραμμα 72, αποτυπώνεται το οικονομικό αποτύπωμα με παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου κτιρίου που κατασκευάστηκε το 1980. Από το διάγραμμα 72, εντοπίζεται για το συνασπισμό Γ, ότι όσο μειώνεται η υφιστάμενη ηλικία του κτιρίου, δηλαδή η επέμβαση γίνεται μεταγενέστερα, τόσο δυσχεραίνει την κατάσταση και αυξάνεται ο οικονομικός δείκτης. Επίσης στην συγκεκριμένη περίπτωση εντοπίζεται ότι, όταν η αναβάθμιση εφαρμόζεται νωρίτερα στην όλη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου, τότε το οικονομικό αποτύπωμα βελτιώνεται και έχει μικρότερες τιμές. Προκύπτει ότι η μείωση, προέρχεται από την εξοικονόμηση της ενεργειακής κατανάλωσης στο τελικό οικονομικό αποτύπωμα, λόγω της ενεργειακής αναβάθμισης. Δηλαδή μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση, λόγω της ενεργειακής αναβάθμισης, και με την αντισεισμική αναβάθμιση ακολουθεί η ανανέωση του προσδόκιμου χρόνου ζωής, επομένως περισσότερος τελικός χρόνος λειτουργίας του κτιρίου. Όσο αφορά την τροποποίηση της αύξηση του

αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής, αυτό βοηθά στην περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω της αύξησης της εναπομένουσας ζωής λειτουργίας του κτιρίου. Στο διάγραμμα 72, εντοπίζεται ότι είναι αισθητή η περαιτέρω μείωση του οικονομικού δείκτη, όσο αυξάνεται ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής για όλα τα κτίρια.



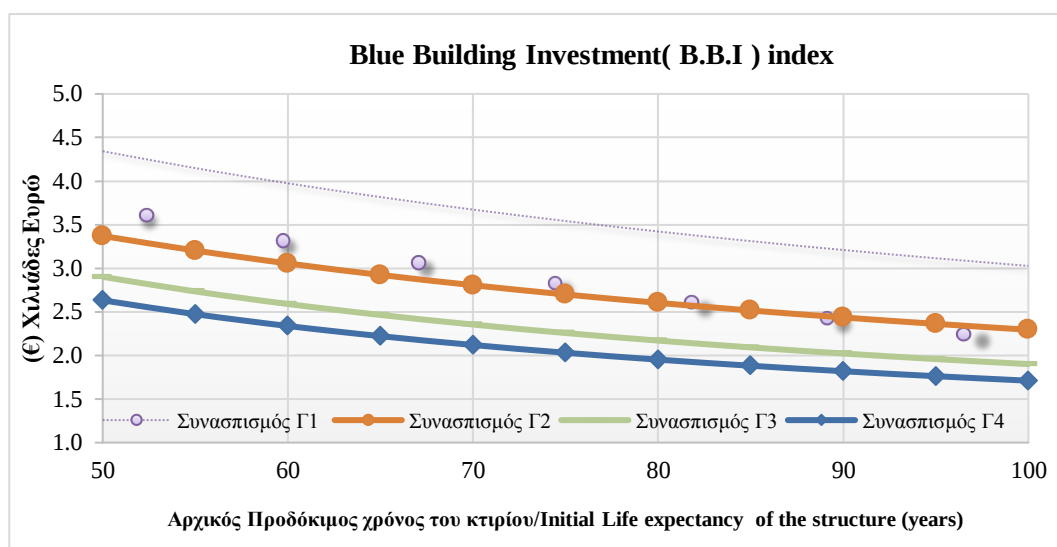
Διάγραμμα 72 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 73, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα του περιβαλλοντικού δείκτη με βάση την παραδοχή να ταυτίζονται τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των 4 υφιστάμενων κτιρίων με τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου κτιρίου που κατασκευάστηκε το 1980. Από το διάγραμμα 73 εντοπίζεται για το συνασπισμό Γ, ότι όσο μειώνεται η υφιστάμενη ηλικία του κτιρίου, δηλαδή η επέμβαση γίνεται μεταγενέστερα, τότε τόσο αυξάνεται ο περιβαλλοντικός δείκτης.



Διάγραμμα 73 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

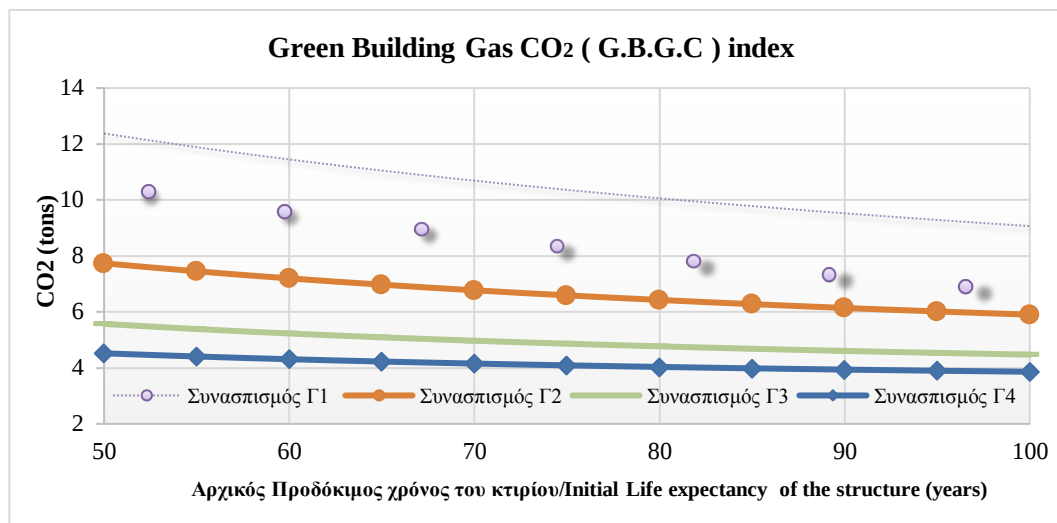
Στη συνέχεια εξετάστηκε ο συνασπισμός Γ, με παραδοχή να λαμβάνονται στους υπολογισμούς όλες οι τροποποιήσεις του πίνακα 31. Στο διάγραμμα 74, εμφανίζεται και πάλι ότι, όσο νωρίτερα εφαρμοστεί η επέμβαση, δηλαδή όσο μικρότερη είναι η υφιστάμενη ηλικία ενός υφιστάμενου κτιρίου, τόσο επηρεάζει θετικά το αποτέλεσμα και μειώνει το τελικό αποτύπωμα του κόστους του. Όπως επιβεβαιώνεται και από το διάγραμμα 74, θα αναμενόταν να είναι καλύτερο το σενάριο ενεργειακής επέμβασης για το νεότερο κτίριο. Αυτό επειδή όσο νεότερο είναι το υφιστάμενο κτίριο τόσο βελτιώνονται τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης, και τίθενται σε εφαρμογή όρια για τις ενεργειακές αποδόσεις των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου όπως επισημάνθηκε και στον πίνακα 31. Επομένως υπάρχει μικρότερο αρχικό αποτύπωμα στο οποίο θα προστεθεί το αποτύπωμα της επέμβασης. Τελικά η κατάταξη για το συνασπισμό Γ στο διάγραμμα 74, εμφανίζεται να είναι με μειωμένο το οικονομικό αποτύπωμα των κτιρίων συγκριτικά με αυτό που αποτυπώνεται στο διάγραμμα 72.



Διάγραμμα 74 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

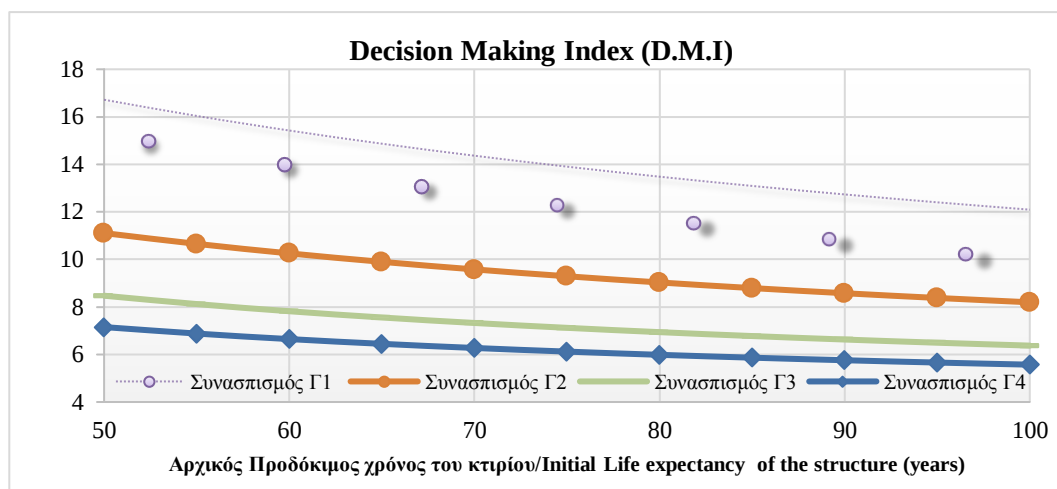
Από το διάγραμμα 75 για το συνασπισμό Γ, εντοπίζεται ότι όσο μειώνεται η υφιστάμενη ηλικία του κτιρίου, τόσο μειώνεται ο οικονομικός δείκτης. Δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση όταν η αναβάθμιση εφαρμόζεται νωρίτερα στην όλη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου, τότε το οικονομικό αποτύπωμα βελτιώνεται

και έχει μικρότερες τιμές. Η μείωση προέρχεται από την εξοικονόμηση στην ενεργειακή κατανάλωση λόγω της ενεργειακής αναβάθμισης στο τελικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το μικρότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τον συνασπισμό Γ τον έχει το νεότερο κτίριο το κτίριο που κατασκευάστηκε το 2013.



Διάγραμμα 75 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Συνοψίζοντας, στο διάγραμμα 76 εμφανίζεται ότι και για το συνασπισμό Γ, τον μεγαλύτερο δείκτη απόφασης, τον έχει το κτίριο που κτίστηκε το 1980, ακολουθεί το 1994, ακολούθως το 2008 και τέλος το 2013.

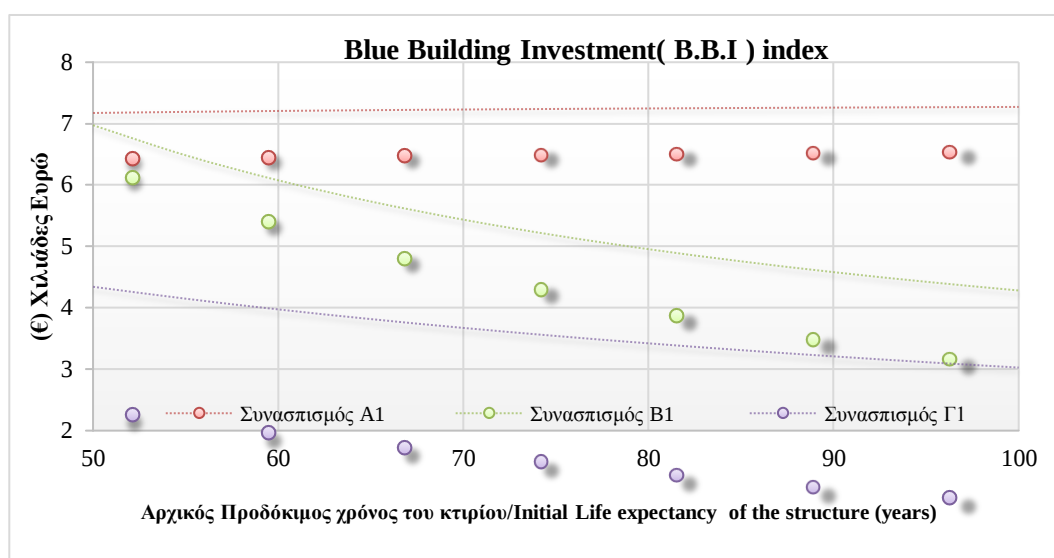


Διάγραμμα 76: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

Αναλυτικά μεταξύ των τριών συνασπισμών και για την κάθε ημερομηνία κατασκευής, παρουσιάζονται στα πιο κάτω διαγράμματα οι δείκτες και για τους τρεις συνασπισμούς σεναρίων.

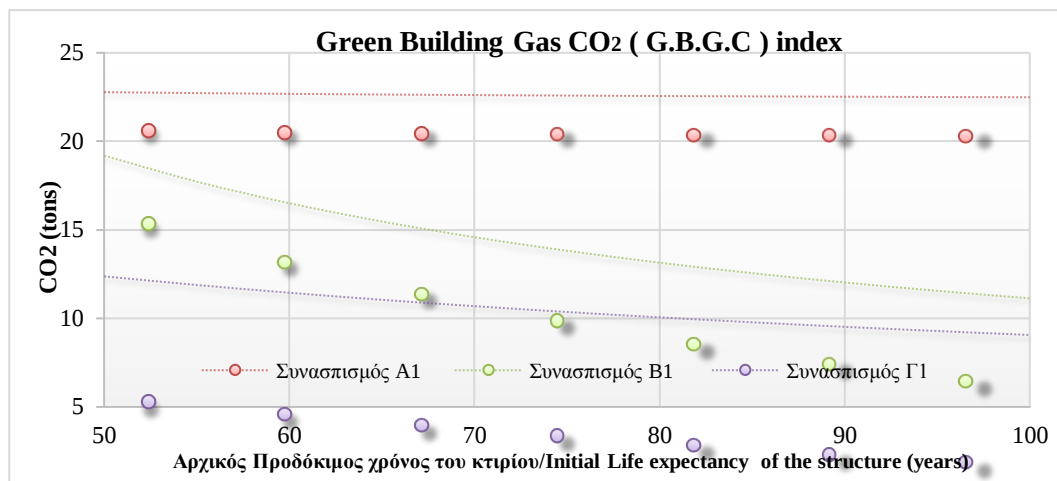
3.1.1 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.

Από το διάγραμμα 77, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



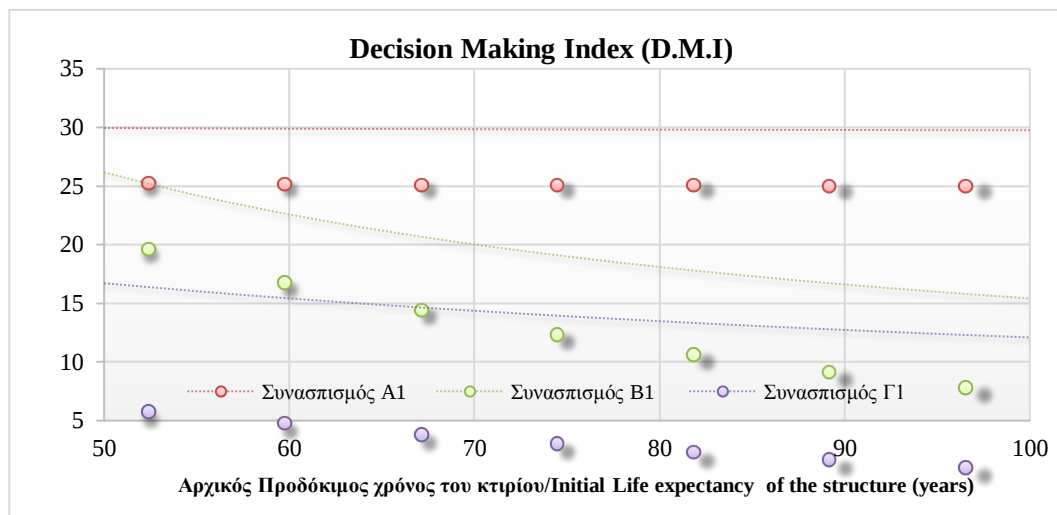
Διάγραμμα 77 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Από το διάγραμμα 78, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980 τον έχει πάλι ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



Διάγραμμα 78 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

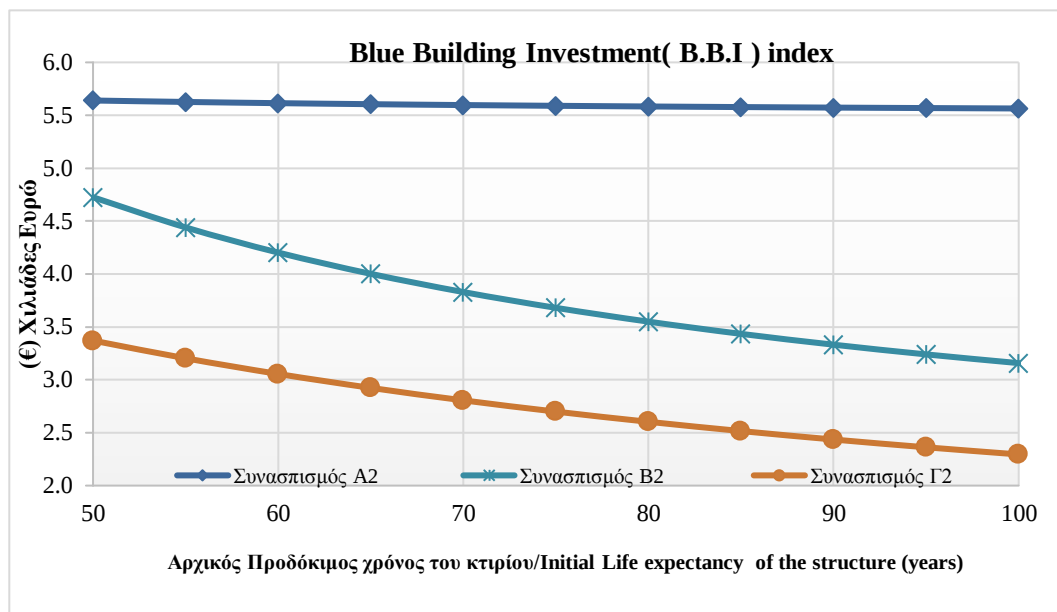
Συνοψίζοντας και από το διάγραμμα 79, εμφανίζεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Συμπέρασμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 1980, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με την ταυτόχρονη αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 79: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

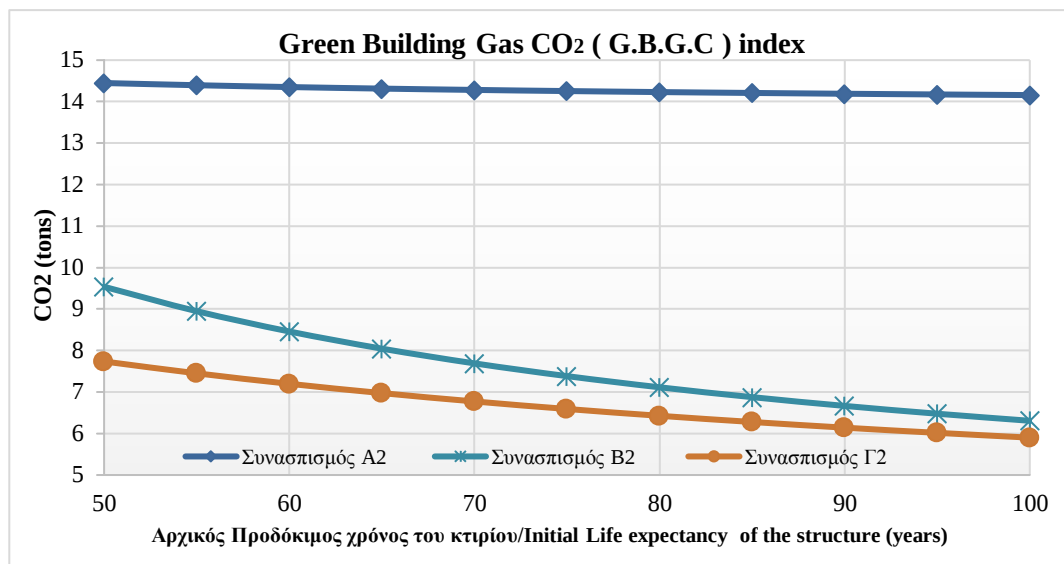
3.1.2 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.

Από το διάγραμμα 80, αποτυπώνεται ότι, τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994 τον έχει και πάλι ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



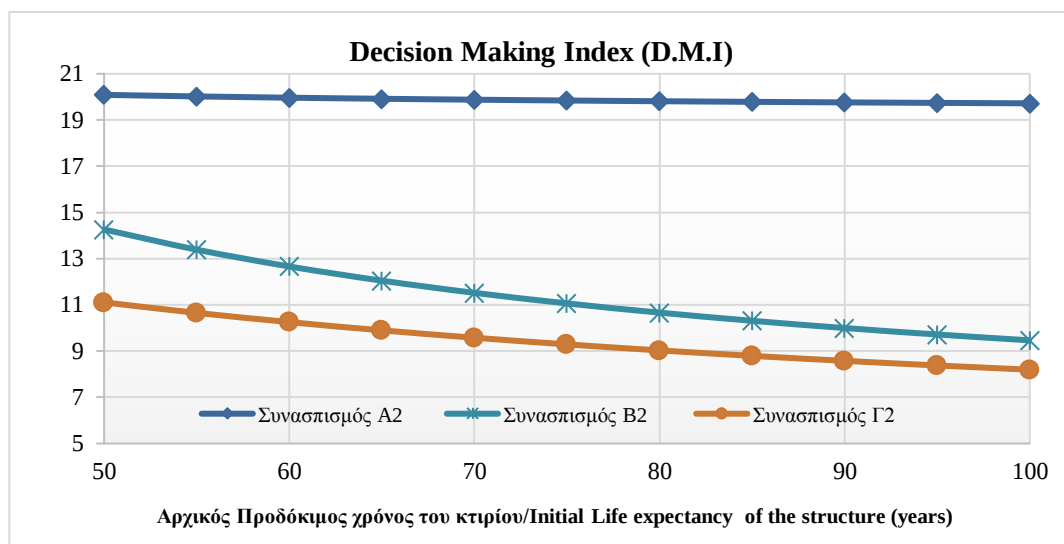
Διάγραμμα 80 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Από το διάγραμμα 81, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια. Πέραν αυτού όμως εμφανίζεται ότι ο συνασπισμός Β δεν ταυτίζεται μέχρι και τα 100 χρόνια με το συνασπισμό Γ όσο αφορά τον περιβαλλοντικό δείκτη. Αυτό οφείλεται στο ότι στο συνασπισμό Γ ο τελικός προσδόκιμος χρόνος ζωής είναι μεγαλύτερος από τον τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του συνασπισμού Β, και αυτό επειδή υπάρχει η παράμετρος της ανανέωσης του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Επομένως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου, αφορά περισσότερα χρόνια για το συνασπισμό Γ σε σχέση με τους άλλους δυο συνασπισμούς.



Διάγραμμα 81 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

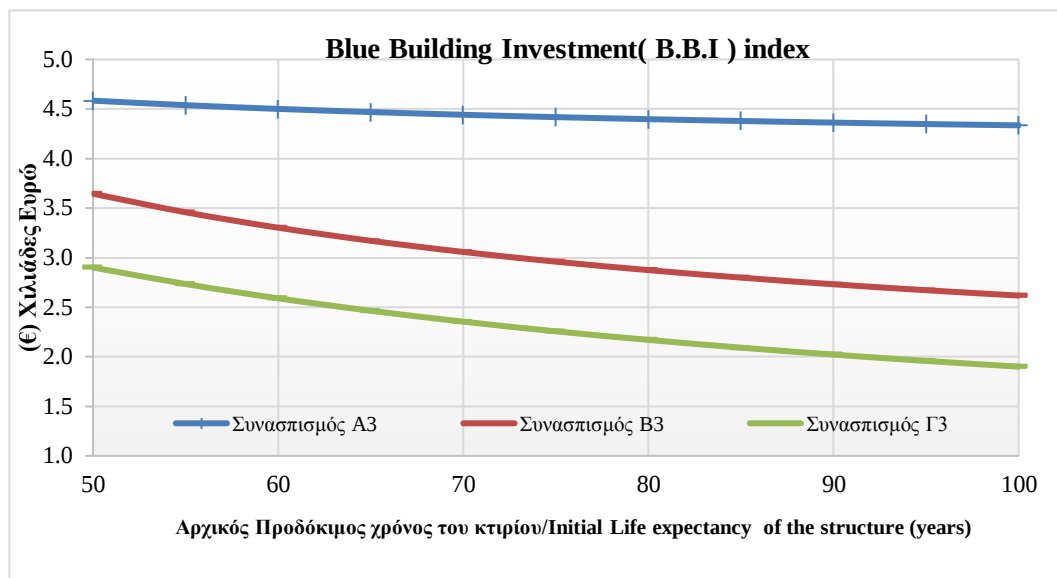
Από το διάγραμμα 82, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το αποτέλεσμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 1994, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους, με βάση την μεθοδολογία, είναι και πάλι ο συνασπισμός με την αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 82: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

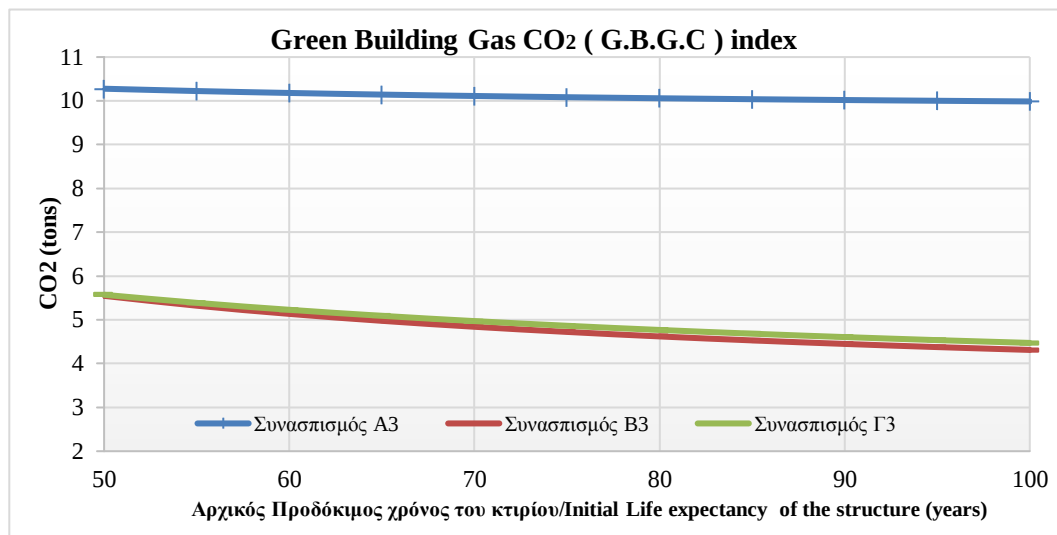
3.1.3 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.

Από το διάγραμμα 83, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη, για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



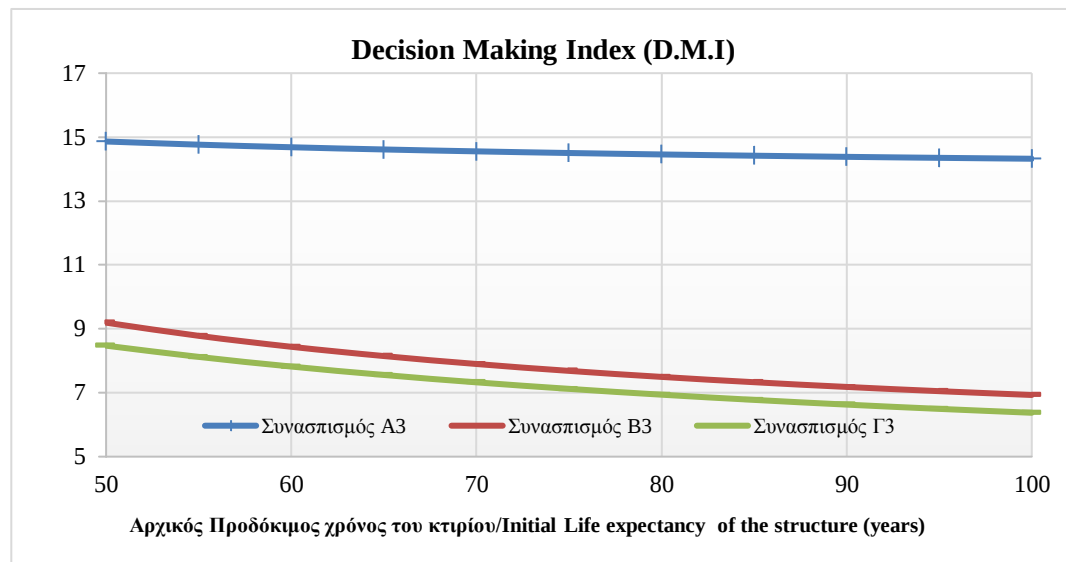
Διάγραμμα 83 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 84, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει οριακά ο συνασπισμός B.



Διάγραμμα 84 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

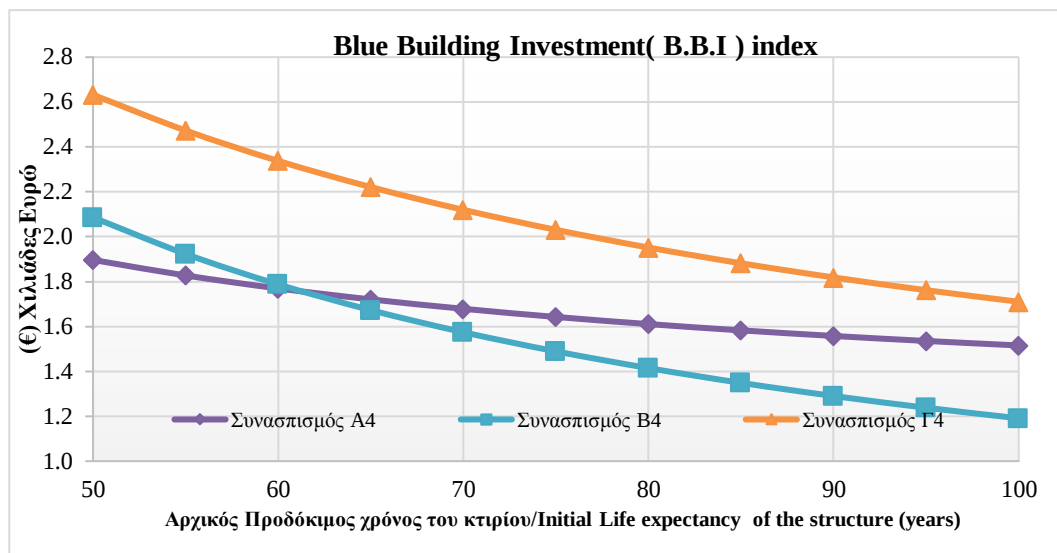
Από το διάγραμμα 85, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το αποτέλεσμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 2008, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους, με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με ταυτόχρονη την ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ. Στο διάγραμμα 85 εμφανίζεται ότι για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008, παρόλο που έχει σχεδιασθεί με αντισεισμικούς κανονισμούς, δεν είναι επιθυμητή η ενεργειακή αναβάθμιση χωρίς την ταυτόχρονη αντισεισμική.



Διάγραμμα 85: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index.

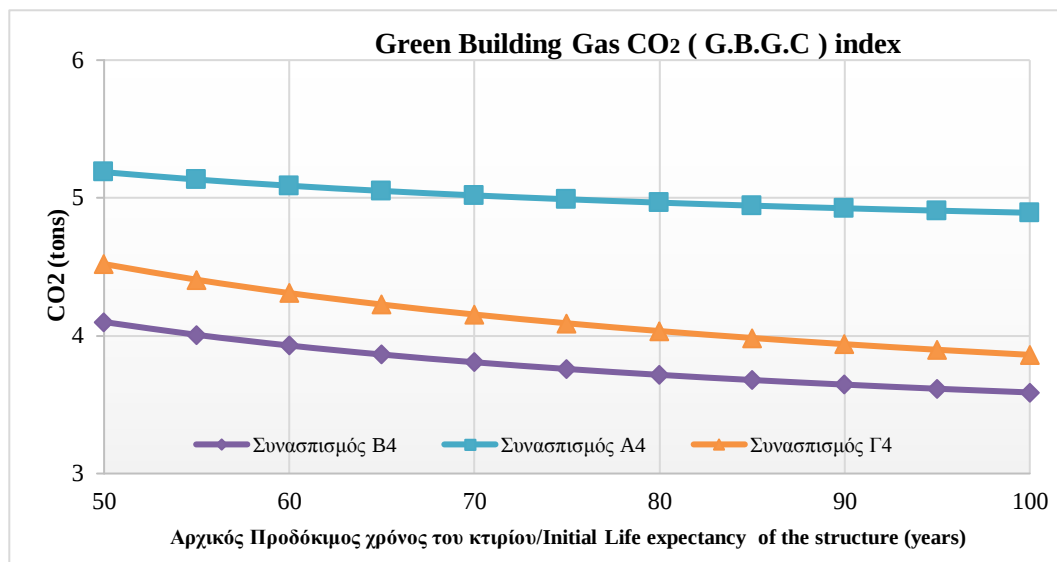
3.1.4 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.

Από το διάγραμμα 86, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2013, τον έχει ο συνασπισμός Α μέχρι τα 60 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής, και μεταγενέστερα επικρατεί ο συνασπισμός Β. Από το διάγραμμα 86, εμφανίζεται ότι ο συνασπισμός Α μέχρι και τα 90 χρόνια είναι σε πλεονεκτική θέση, ως προς το συνασπισμό Γ. Το κτίριο έχει κατασκευαστεί το 2013 με νέους αντισεισμικούς κώδικες όπου εφαρμόστηκαν το 2012 και εμφανίζεται ότι ο επηρεασμός της προ-υπάρχουσας αντισεισμικής αναβάθμιση, οδηγεί το συνασπισμό Γ να είναι σε δυσμενέστερη θέση.



Διάγραμμα 86 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

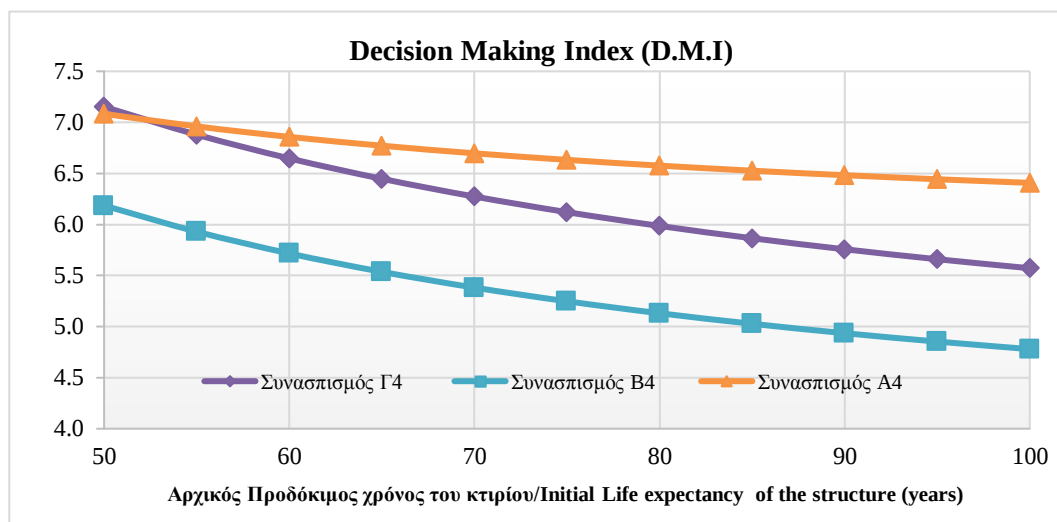
Από το διάγραμμα 87, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το έτος 2013 και μεταγενέστερα, τον έχει ο συνασπισμός B.



Διάγραμμα 87 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Από το διάγραμμα 88, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης, τον έχει ο συνασπισμός B για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το κτίριο έχει ακολουθήσει τους αντισεισμικούς κανονισμούς του 2012, και εμφανίζεται ότι η ενεργειακή αναβάθμιση χωρίς την αντισεισμική είναι σε πλεονεκτικότερη θέση. Όσο αφορά τον συνασπισμό Γ είναι σε πλεονεκτικότερη

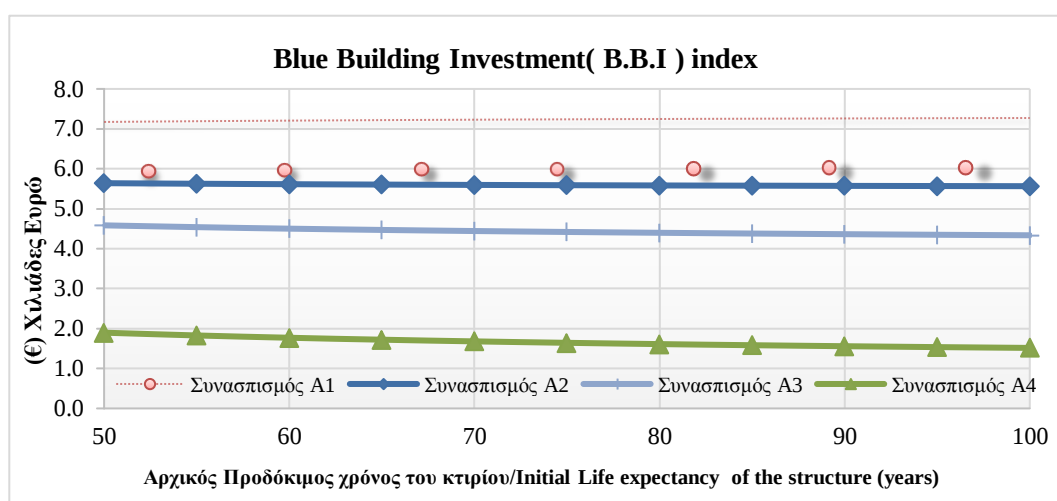
θέση από τον συνασπισμό Α όταν ο ο αρχικός προσδόκιμος ζωής είναι ιπέραν των 50 ετών.



Διάγραμμα 88: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

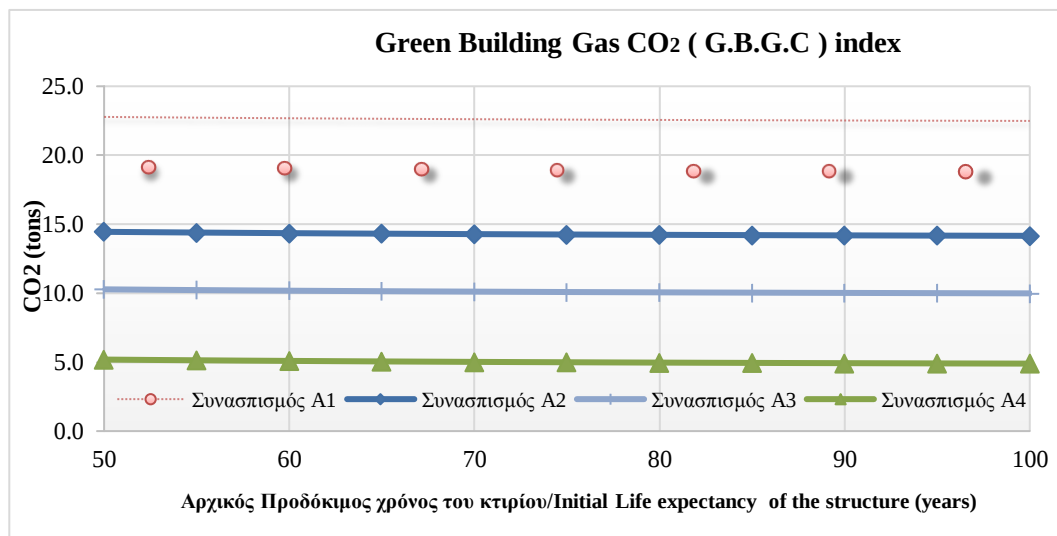
3.1.5 Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 1 και σεισμική ζώνη 3.

Στα διαγράμματα 89 μέχρι 100, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά, για κάθε συνασπισμό, για όλα τα κτίρια. Στο διάγραμμα 89, για το συνασπισμό Α διαπιστώνεται ότι ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στη βελτίωση της ενεργειακή κατανάλωσης των κτιρίων με την πάροδο του χρόνου.



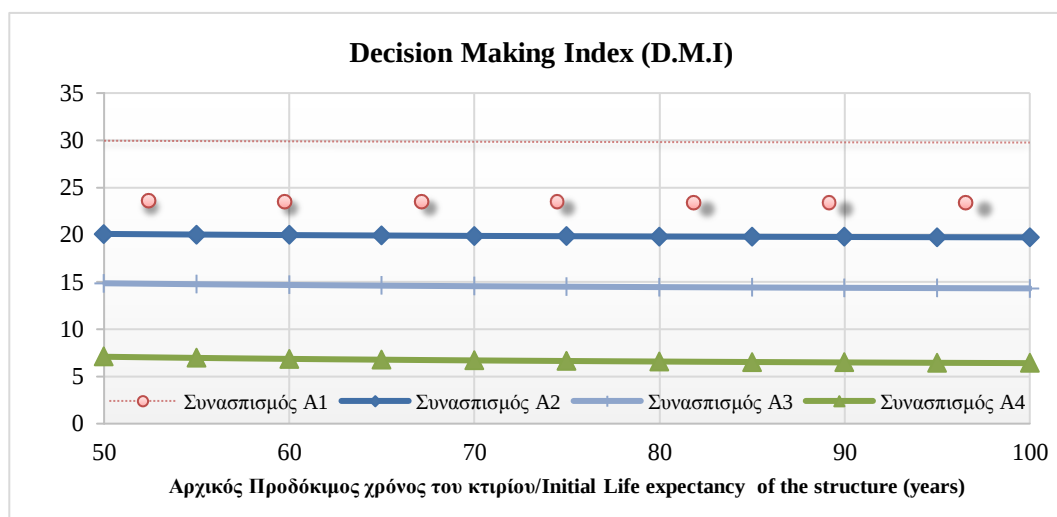
Διάγραμμα 89 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 90, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.



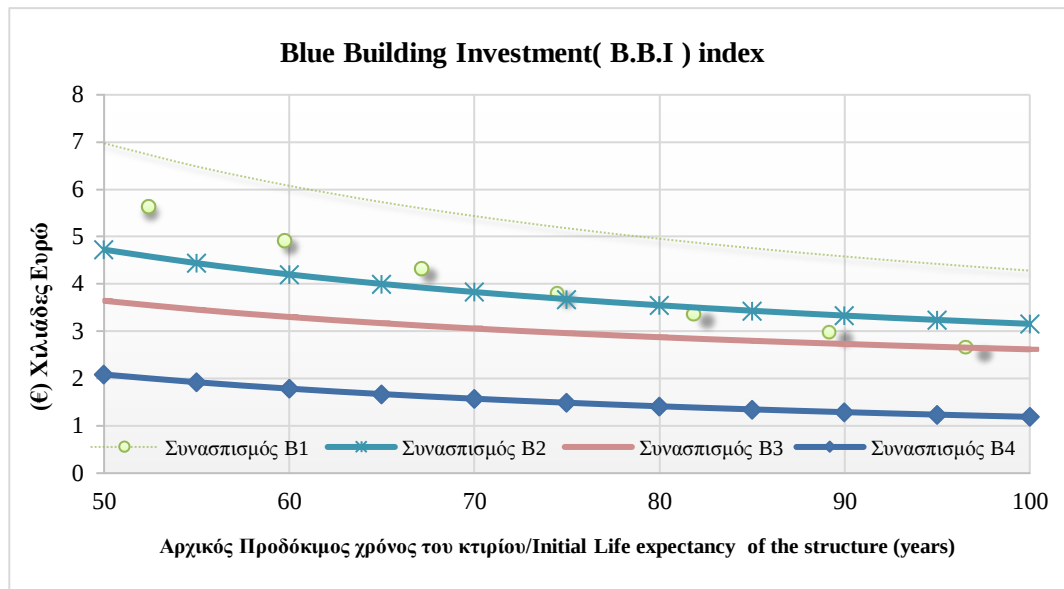
Διάγραμμα 90 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 91, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Α.



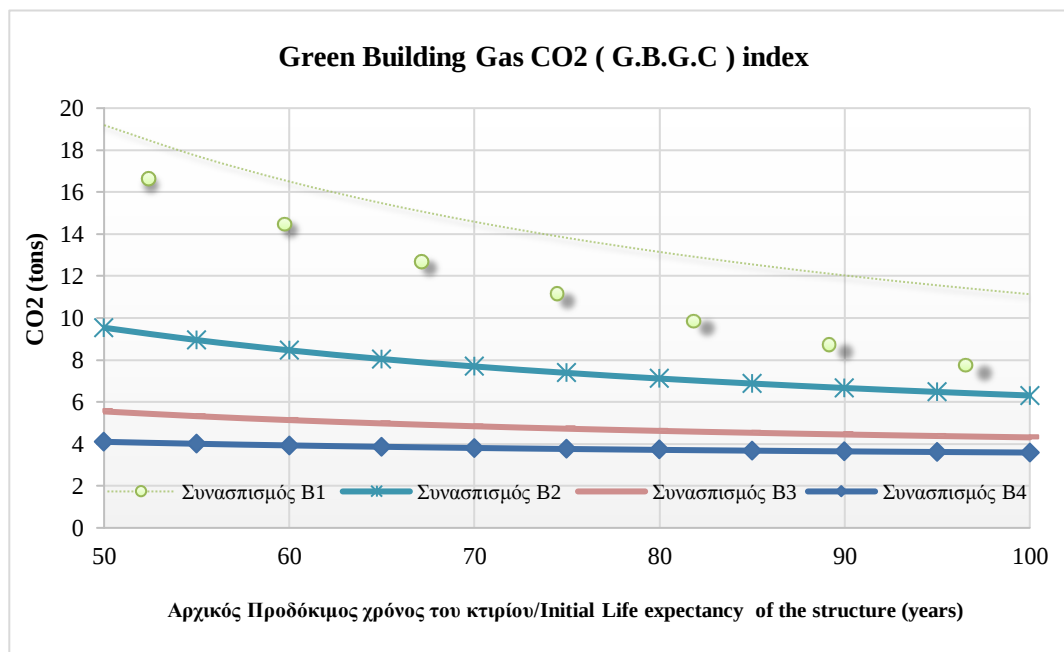
Διάγραμμα 91: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 92, διαπιστώνεται για το συνασπισμό Β, ότι ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται, όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται στην εξέλιξη της τεχνολογίας που εφαρμόστηκε στο υφιστάμενο κτίριο.



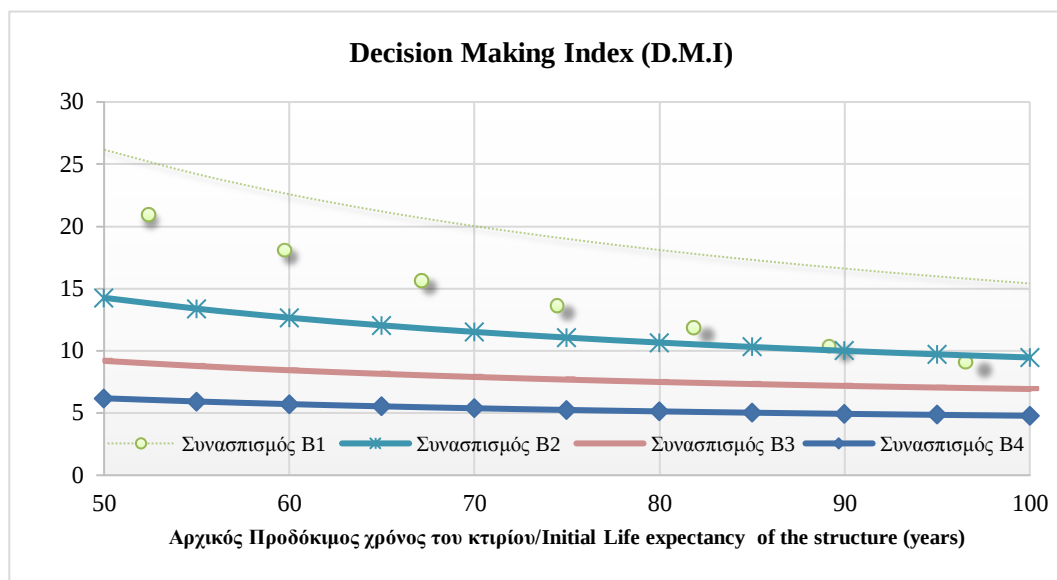
Διάγραμμα 92 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 93, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο προσφάτως κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.



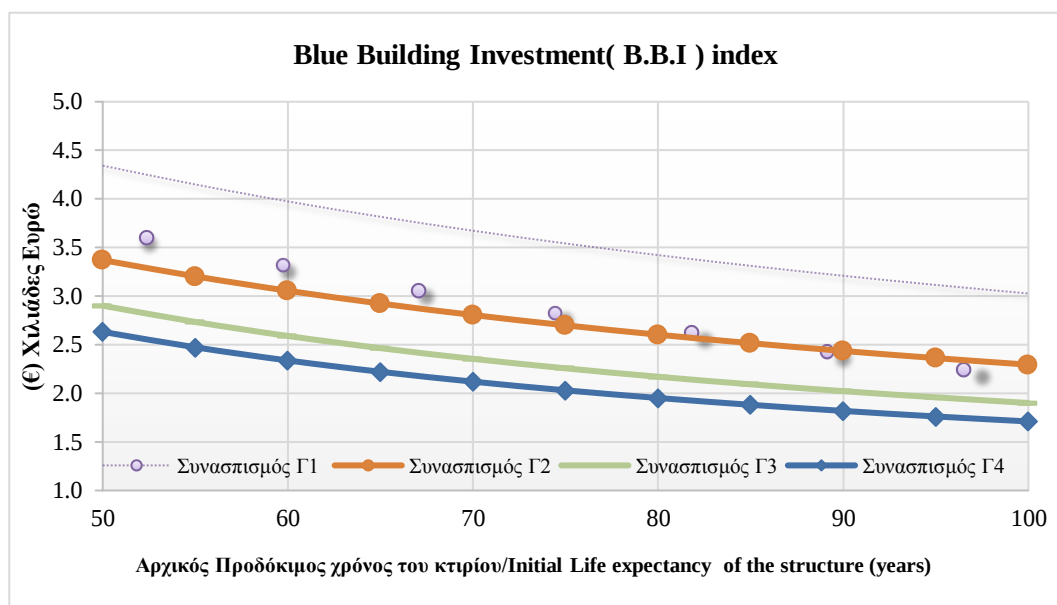
Διάγραμμα 93 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 94, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Β.



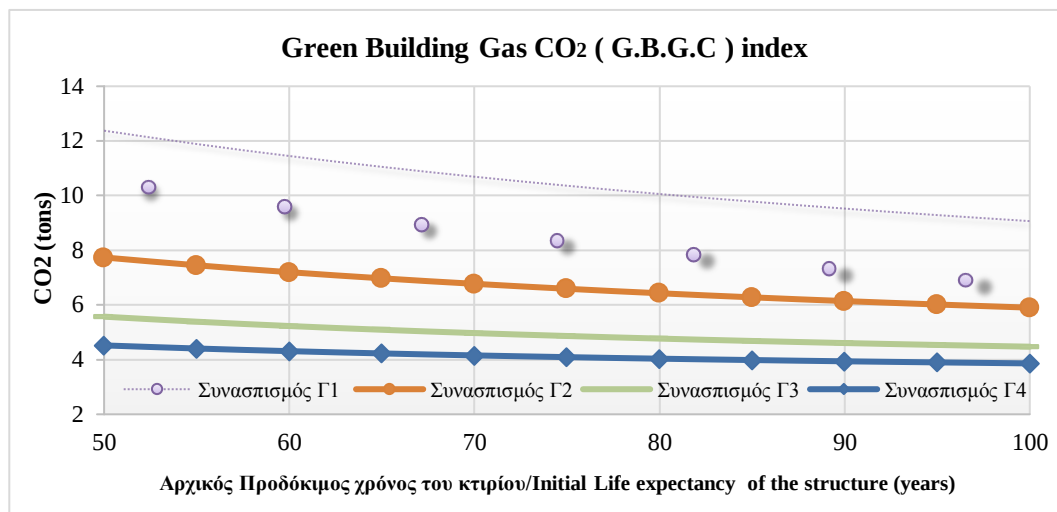
Διάγραμμα 94: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 95, διαπιστώνεται ότι για το συνασπισμό Γ ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται και πάλι στην εξέλιξη της τεχνολογίας που εφαρμόστηκε στο υφιστάμενο κτίριο.



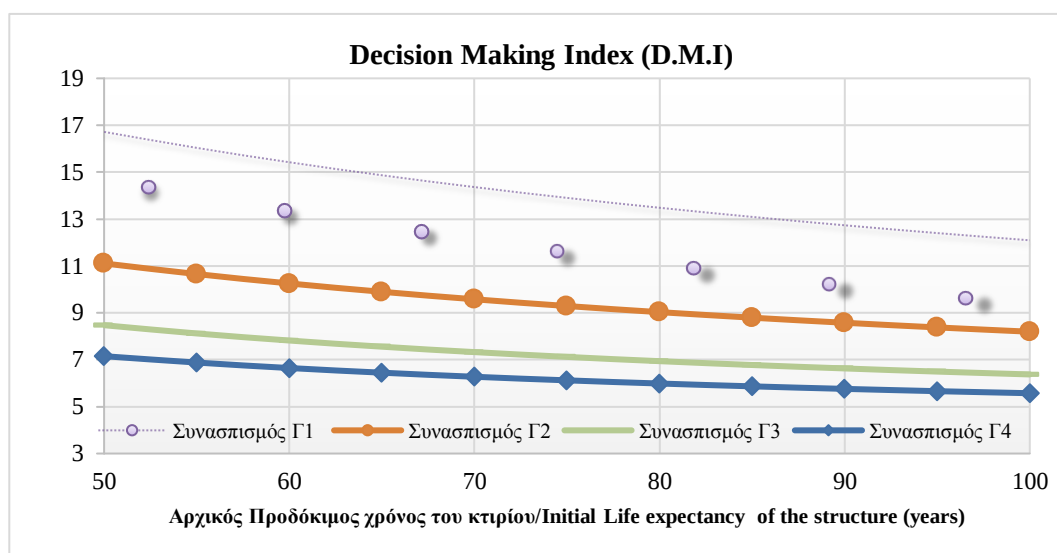
Διάγραμμα 95 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 96, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.



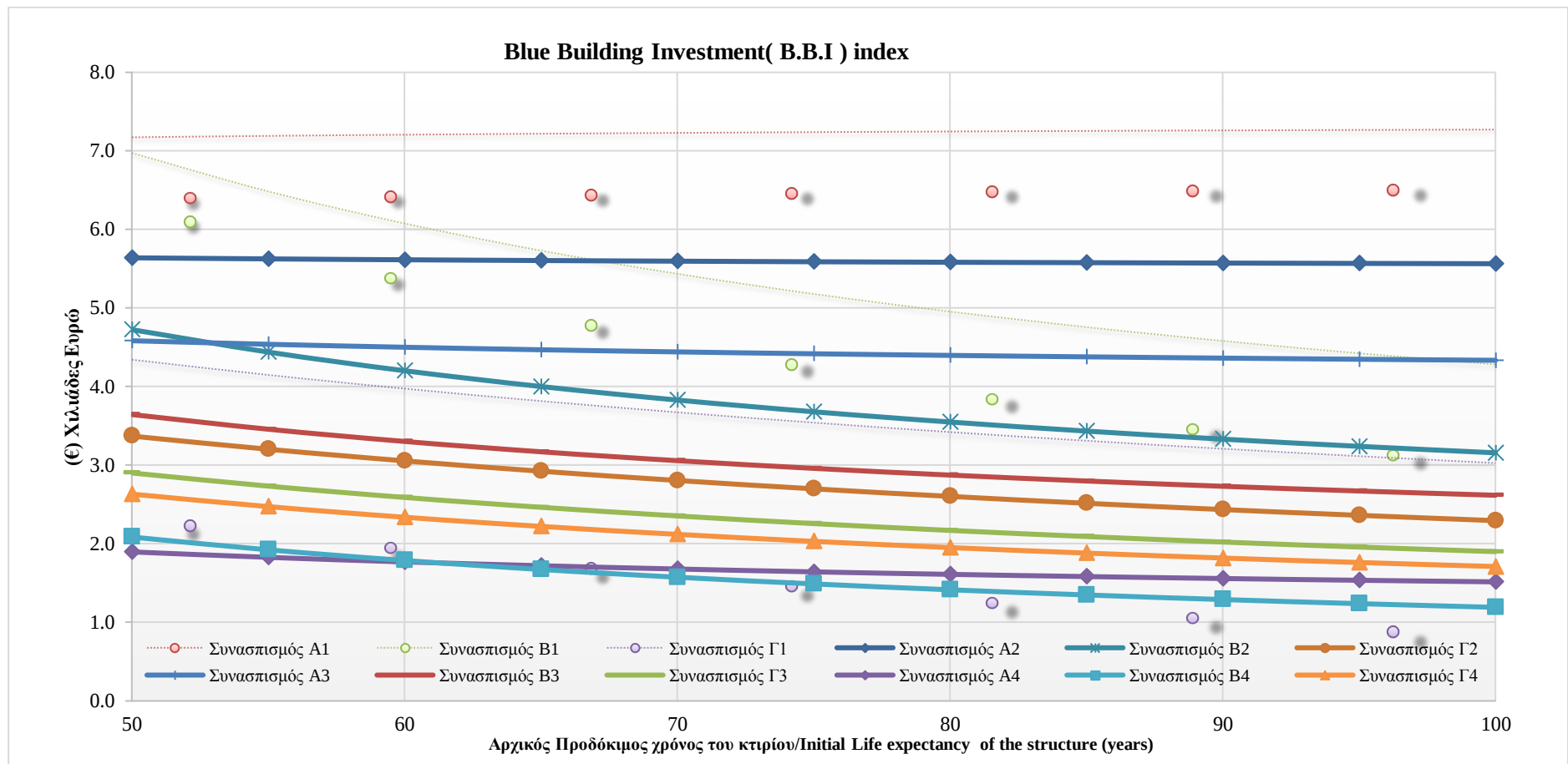
Διάγραμμα 96 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 97, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Γ.

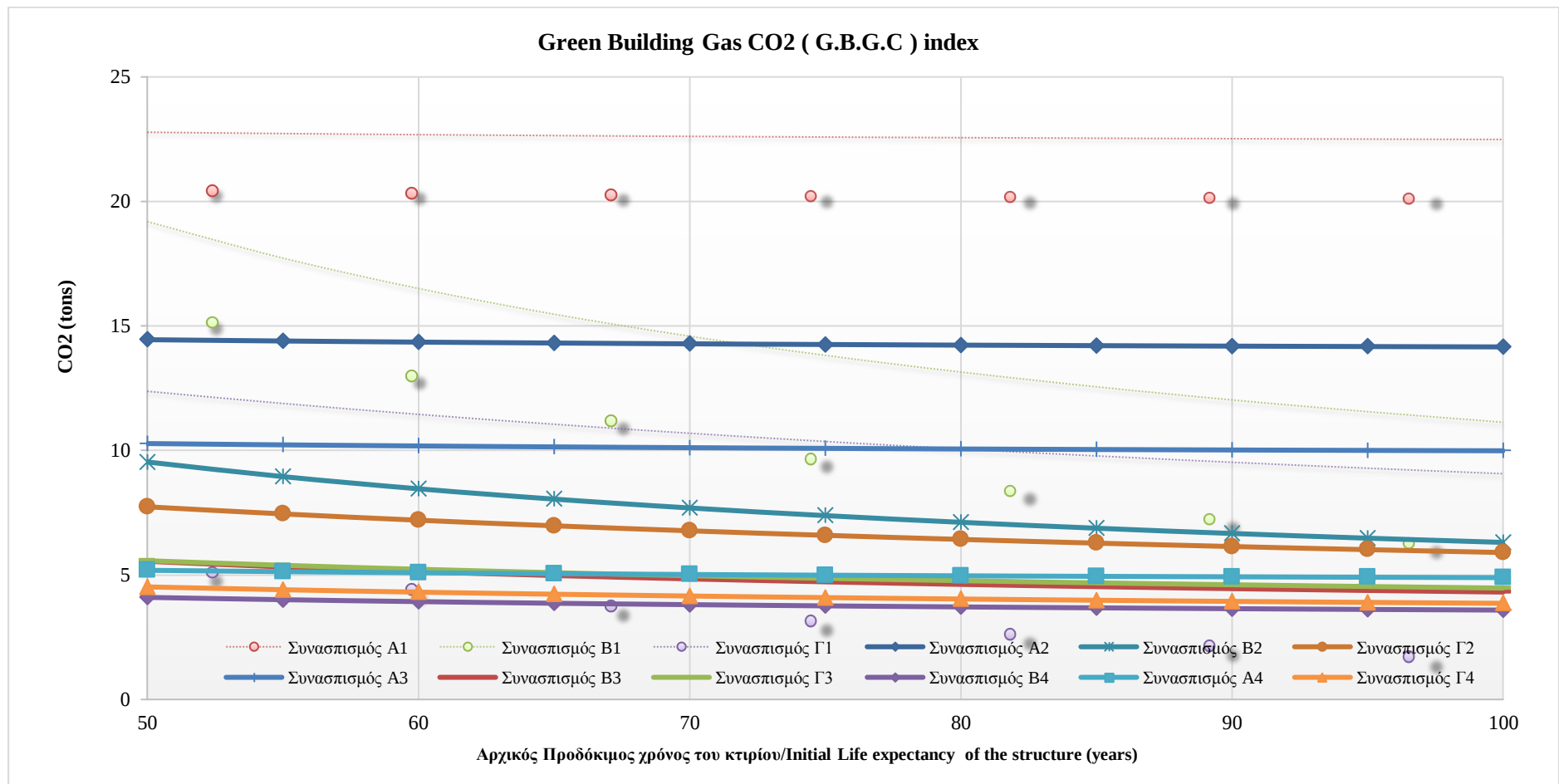


Διάγραμμα 97: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

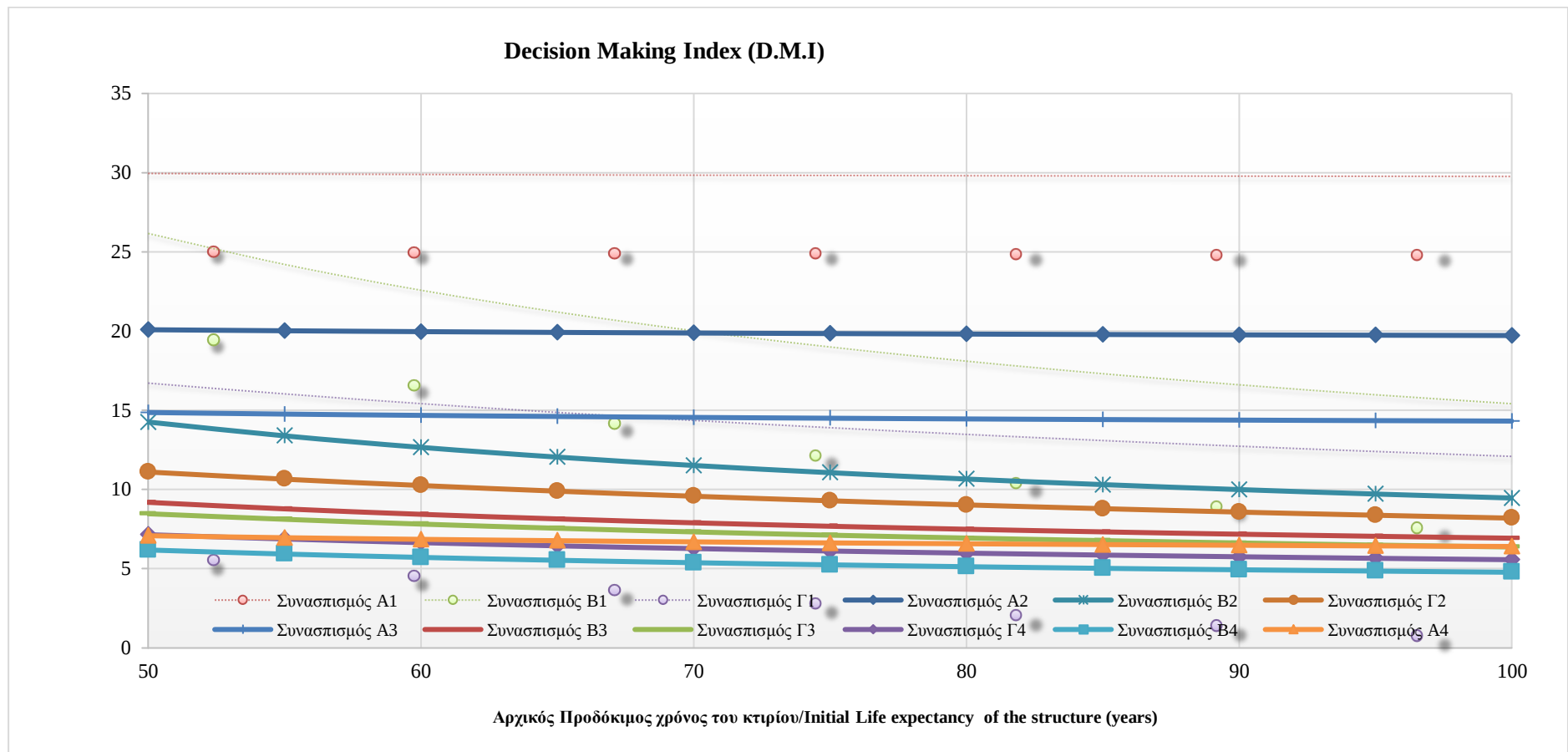
Στη συνέχεια στα διαγράμματα 98 μέχρι 100 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τους τρεις δείκτες όλων των συνασπισμών και όλων των εξεταζόμενων κτιρίων.



Διάγραμμα 98 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).



Διάγραμμα 99 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)



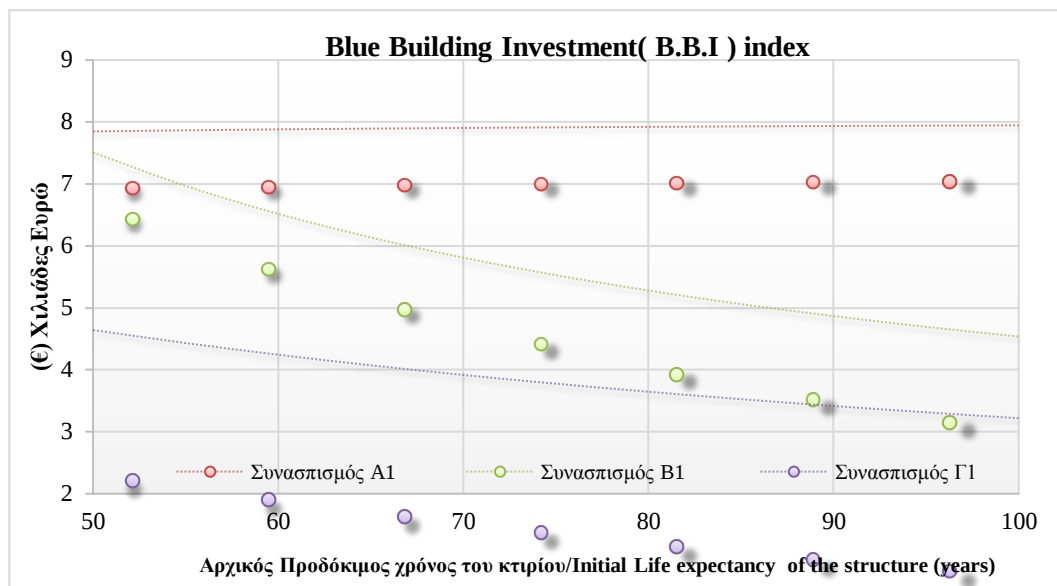
Διάγραμμα 100: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

3.2 Ανάλυση 2 - Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 2 και σεισμική ζώνη 2.

Η ανάλυση έγινε για τον ίδιο τύπο υφιστάμενου κτιρίου, αλλά για την κλιματική ζώνη και σεισμική ζώνη 2. Το υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο βρίσκεται σε κλιματική ζώνη 2, δηλαδή στην ενδοχώρα και σε σεισμική ζώνη 2 με εδαφική επιτάχυνση $a_g = 0.20g$. Από τα διαγράμματα, δεν εντοπίζονται σημαντικές αλλαγές πάρα μόνο μείωση της ενεργειακής κατανάλωση, λόγω αλλαγής της κλιματικής ζώνης. Εμφανίστηκε ότι στην κλιματική ζώνη 2, η ενέργεια της θέρμανσης είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 1 και μικρότερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 4. Όσο αφορά την ενέργεια της ψύξης είναι μικρότερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 1 και μεγαλύτερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 4, παρόλα αυτά η ενέργεια της ψύξης είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια της θέρμανσης και στην κλιματική ζώνη 2. Επίσης εμφανίζεται να υπάρχει η ίδια συμπεριφορά των συνασπισμών εφόσον οι διαφορές είναι πάρα πολύ μικρές στην ενεργειακή κατανάλωση και οι απαιτήσεις σεισμικής αντίστασης είναι πολύ μικρές δεδομένου ότι το κτίριο είναι ισόγεια κατοικία (μονώροφο) με ξύλινη οροφή, άρα και η ενσωματωμένη ενέργεια της κατασκευής στο περιβαλλοντικό και στο οικονομικό αποτύπωμα είναι μικρή για να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα.

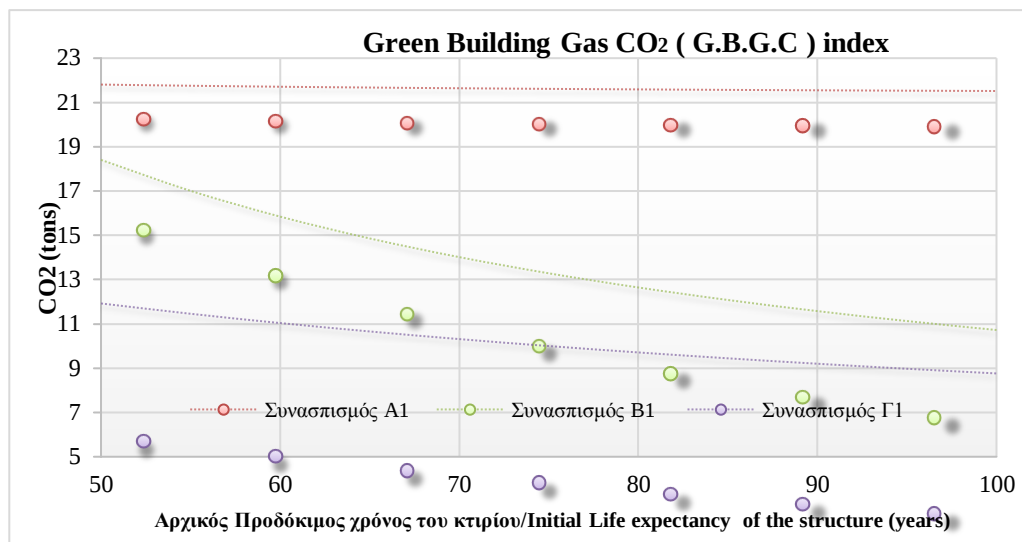
3.2.1 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.

Από το διάγραμμα 101, εμφανίζεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη, για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



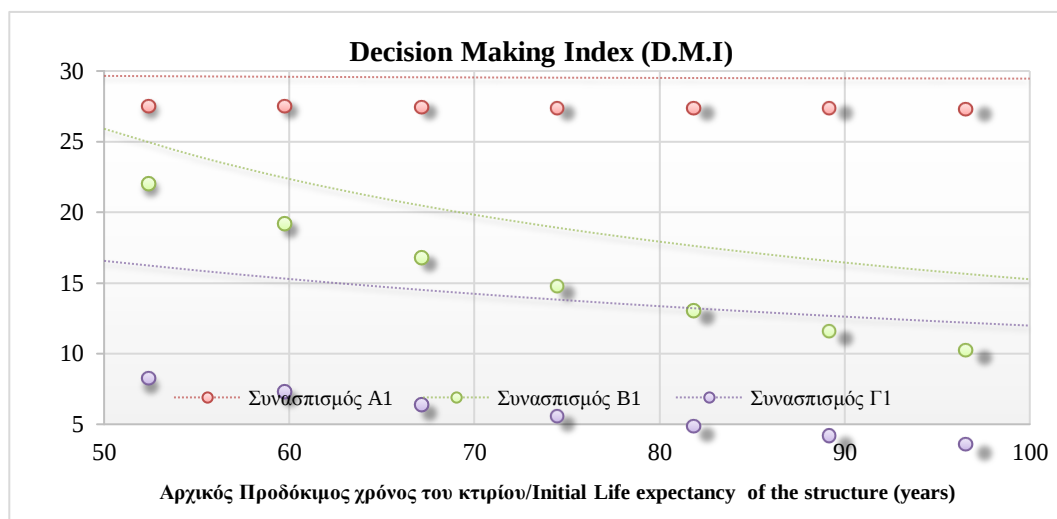
Διάγραμμα 101 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 102, εμφανίζεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, τον έχει ο συνασπισμός Γ για τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια. Πέραν αυτού όμως, εμφανίζεται και ο συνασπισμός Β, να ταυτίζεται μέχρι και τα 100 χρόνια με το συνασπισμό Γ, όσο αφορά το περιβαλλοντικό δείκτη. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτό οφείλεται στο ότι στο συνασπισμό Γ, ο τελικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του κτιρίου είναι μεγαλύτερος από τον τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του συνασπισμού Β και αυτό επειδή υπάρχει στο συνασπισμό Γ η παράμετρος της ανανέωσης του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Επομένως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου, αφορά περισσότερα χρόνια ζωής για το κτίριο. Επίσης, επειδή ο υπολογιζόμενος περιβαλλοντικός δείκτης είναι ανά έτος, τότε αυτή η αύξηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής με αποτέλεσμα μεταγενέστερα των 75 χρόνων αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής να ταυτίζει τους δυο Συνασπισμούς Β και Γ.



Διάγραμμα 102 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

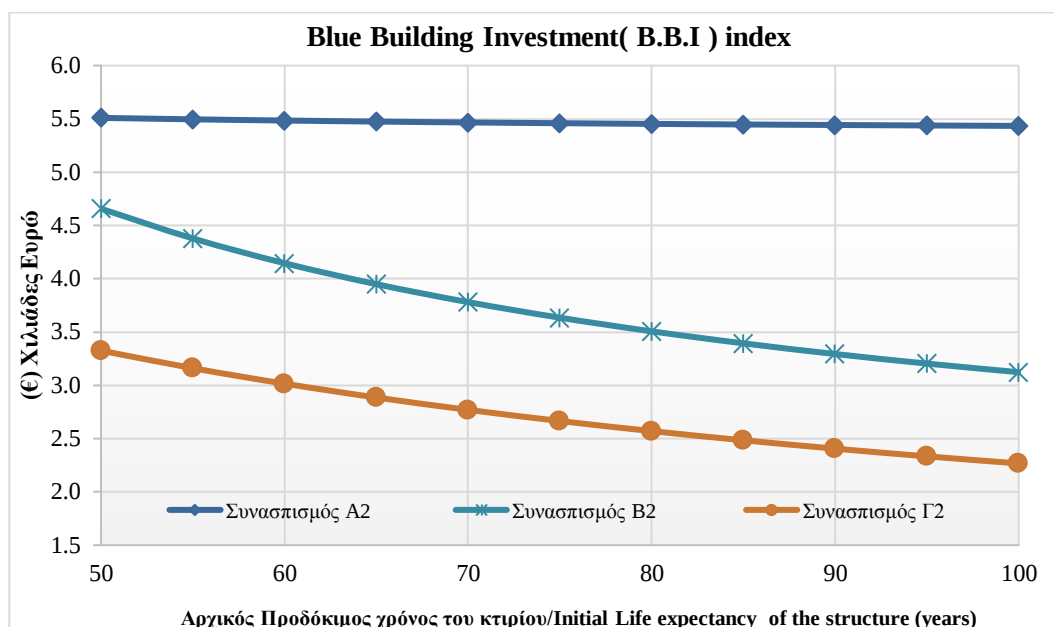
Συνοψίζοντας, και από το διάγραμμα 103 αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το συμπέρασμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 1980, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης, με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με την ταυτόχρονη αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 103: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I = Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

3.2.2 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.

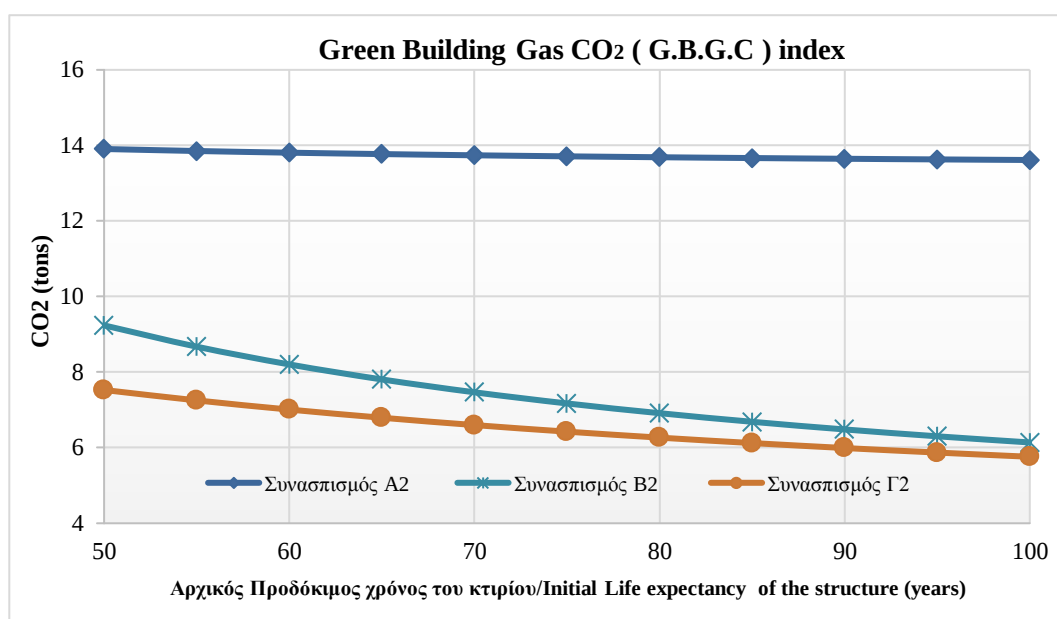
Από το διάγραμμα 104, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



Διάγραμμα 104 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

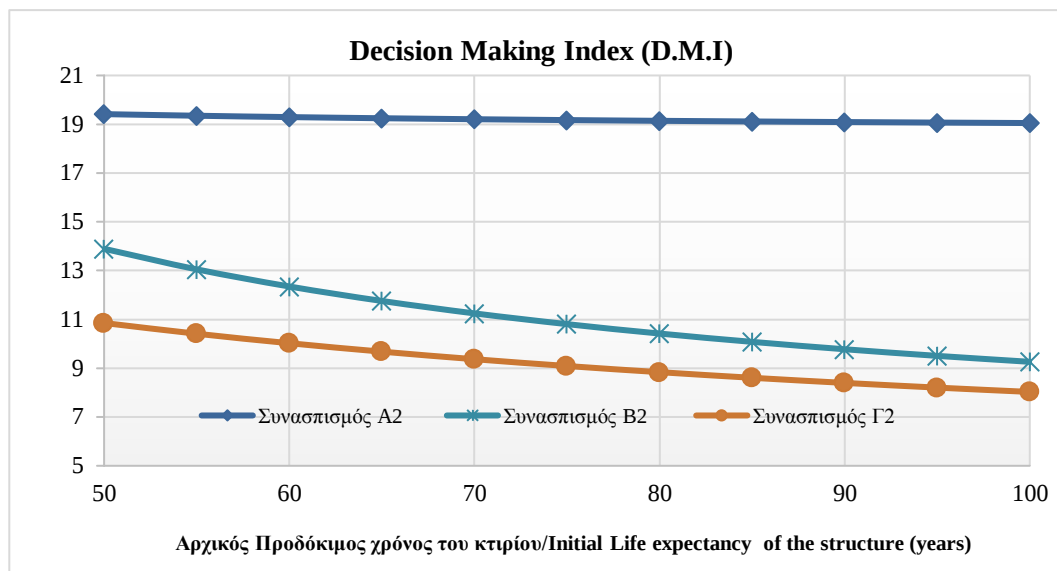
Από το διάγραμμα 105, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994, τον έχει ο συνασπισμός Γ για τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια. Πέραν αυτού όμως εμφανίζεται ότι ο Συνασπισμός Β να τείνει να ταυτιστεί μετά τα 100 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής με το Συνασπισμό Γ όσο αφορά το περιβαλλοντικό δείκτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτό οφείλεται στο ότι ο τελικός προσδόκιμος χρόνος ζωής στο συνασπισμό Γ είναι μεγαλύτερος από τον τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του Συνασπισμού Β, επειδή υπάρχει και η παράμετρος της ανανέωσης του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Επομένως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υφιστάμενου κτιρίου αφορά περισσότερα χρόνια ανάλογα με την ηλικία του υφιστάμενου κτιρίου. Παράδειγμα το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994 και έχει ηλικία 26 ετών λαμβάνοντας τα 100 χρόνια αρχικού χρόνου ζωής ο συνασπισμός Γ έχει τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής 126 έτη, ενώ για το συνασπισμό Β λαμβάνοντας τα 100 χρόνια αρχικού προσδόκιμου

χρόνου ζωής το κτίριο έχει τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια. Επομένως αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας του με αποτέλεσμα να μεγαλώνει το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα. Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι το κτίριο με το Συνασπισμό Β με συνολικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 100 χρόνια τείνει να έχει σχεδόν το ίδιο περιβαλλοντικό αποτύπωμα με το κτίριο με το Συνασπισμό Γ με συνολικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 126 χρόνια. Επειδή ο υπολογιζόμενος περιβαλλοντικός δείκτης όμως είναι ανά έτος, αυτή η αύξηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής με αποτέλεσμα μεταγενέστερα των 100 χρόνων αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής ενδεχομένως να ταυτίζει τους δυο συνασπισμούς Β και Γ.



Διάγραμμα 105 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

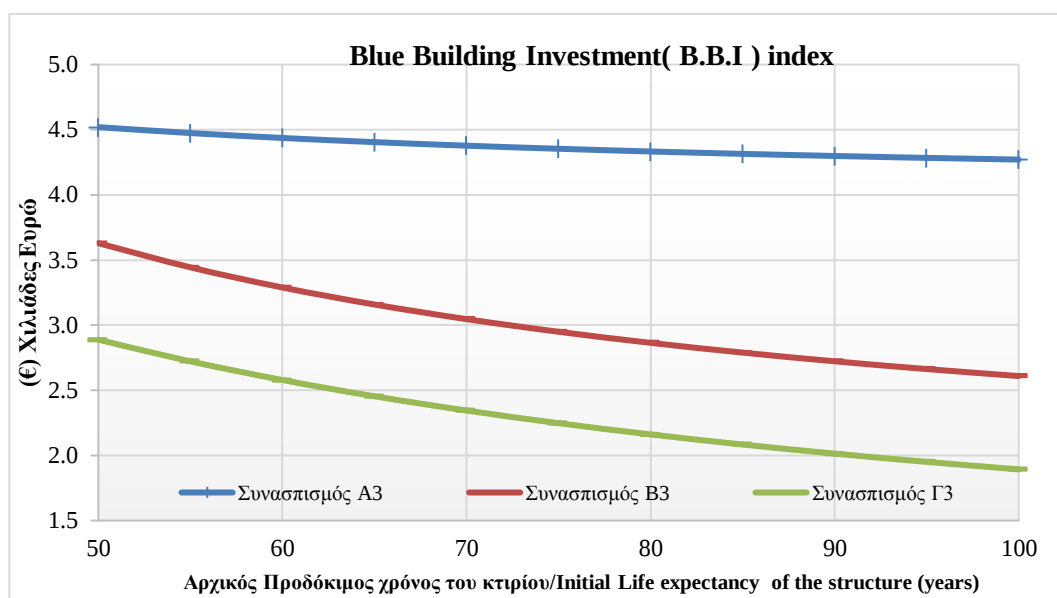
Από το διάγραμμα 106, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το αποτέλεσμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 1994 ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους με βάση την μεθοδολογία είναι ο συνασπισμός με την αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 106: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

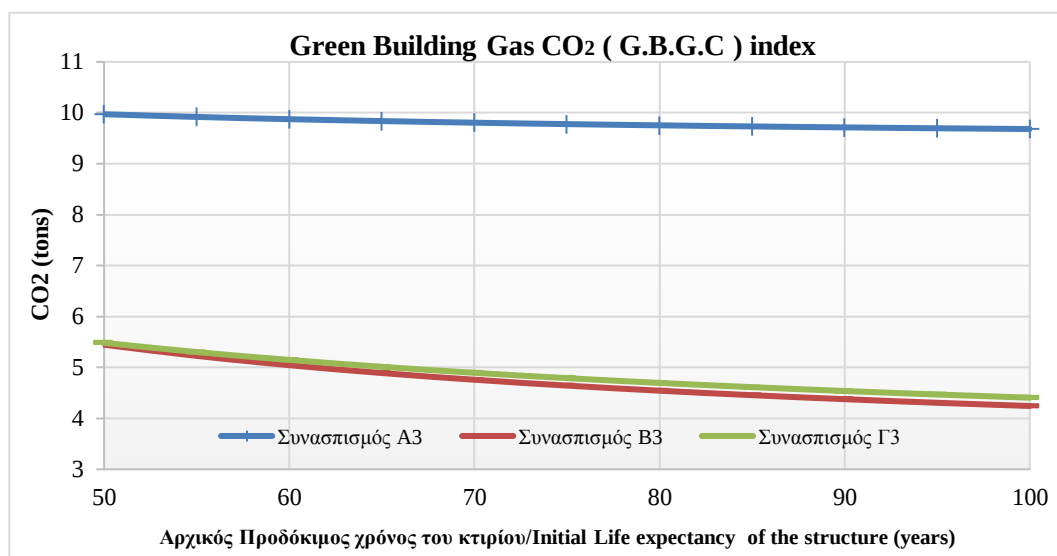
3.2.3 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.

Από το διάγραμμα 107, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει και πάλι ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



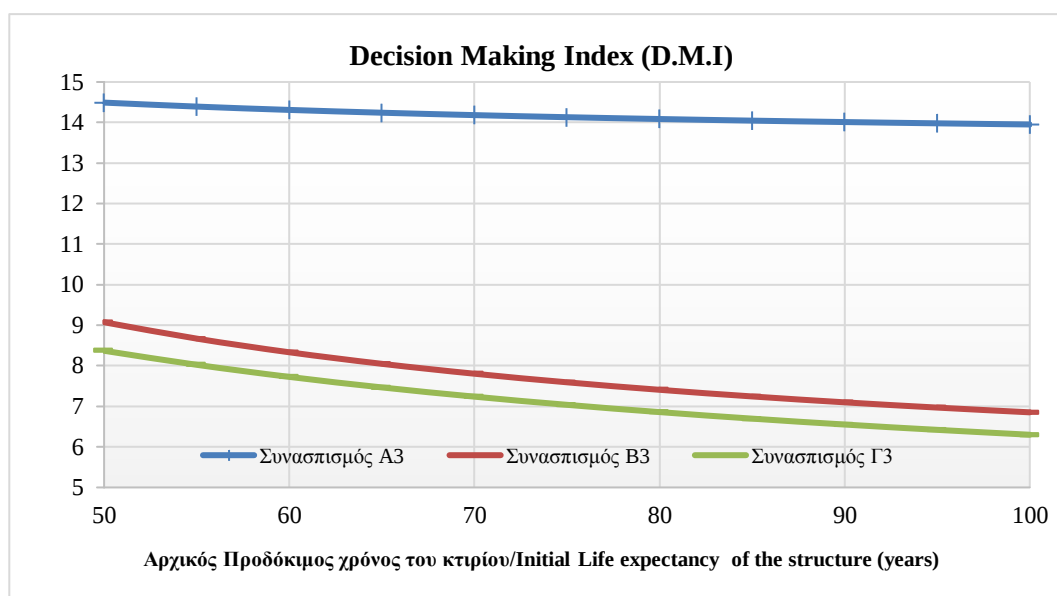
Διάγραμμα 107 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 108, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει οριακά ο συνασπισμός Β.



Διάγραμμα 108 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

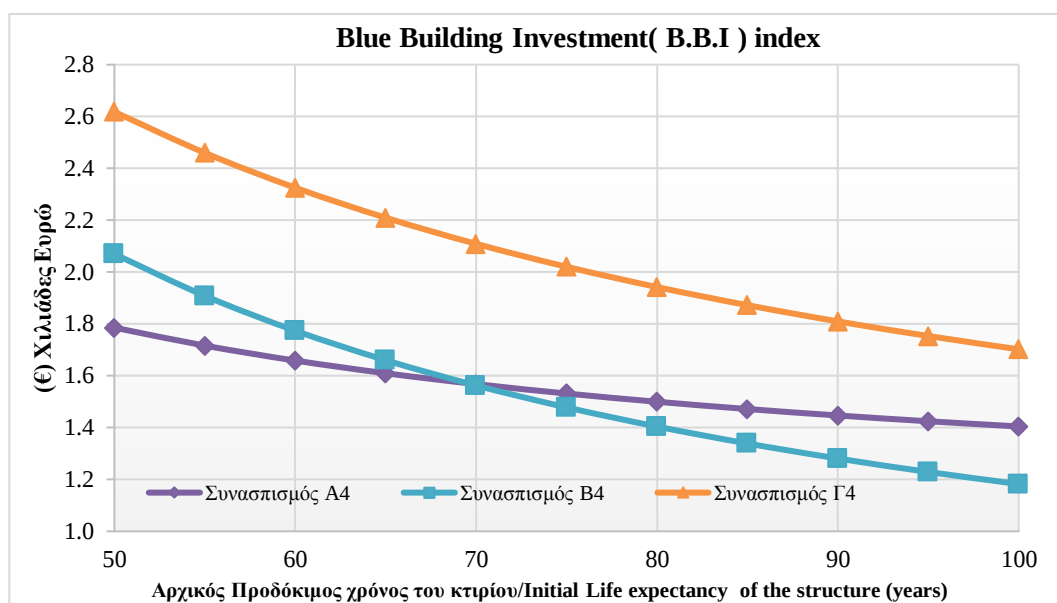
Από το διάγραμμα 109, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 2008, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους με βάση την μεθοδολογία είναι ο συνασπισμός με την ταυτόχρονη ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση.



Διάγραμμα 109: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index.

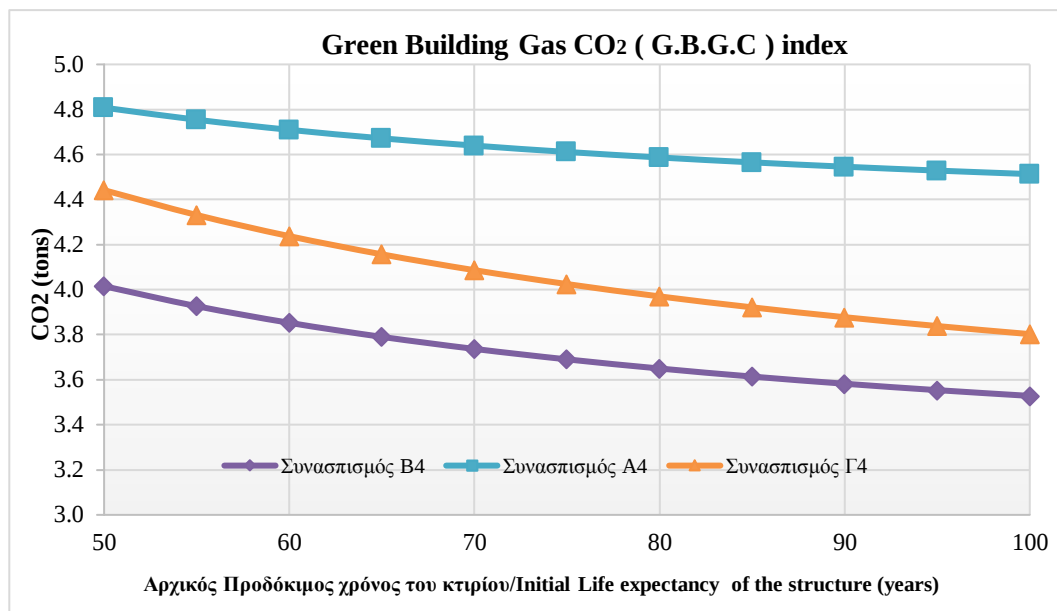
3.2.4 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί, είναι ότι στο διάγραμμα 110 διαπιστώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2013, τον έχει ο συνασπισμός Α μέχρι τα 70 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής, και μεταγενέστερα επικρατεί ο Συνασπισμός Β. Εφόσον το κτίριο έχει κατασκευαστεί ακολουθώντας τους τελευταίους αντισεισμικούς κανονισμούς αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο επηρεασμός της προ υπάρχουσας αντισεισμική κατάσταση του κτιρίου που κατασκευάστηκε το 2013, να οδηγεί το συνασπισμό επεμβάσεων Γ να είναι σε δυσμενέστερη θέση από το συνασπισμό Α. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι ο συνασπισμός επεμβάσεων Γ έχει σαν αποτέλεσμα να ανανεωθεί ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής του υφιστάμενου κτιρίου επομένως τα χρόνια λειτουργίας του αυξάνονται.



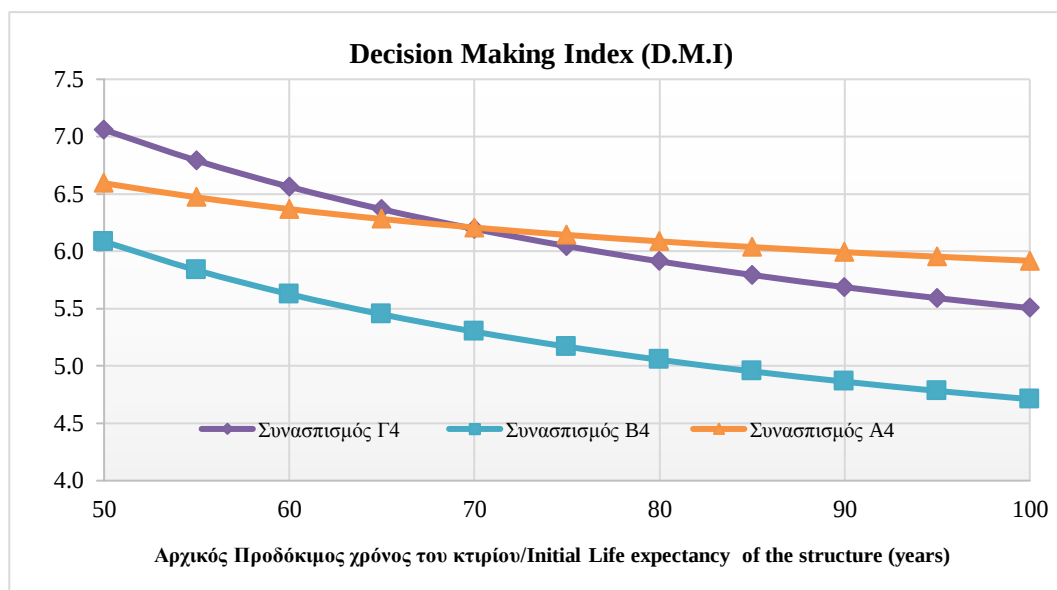
Διάγραμμα 110 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 111, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη, τον έχει ο συνασπισμός Β για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το έτος 2013 και μεταγενέστερα.



Διάγραμμα 111 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

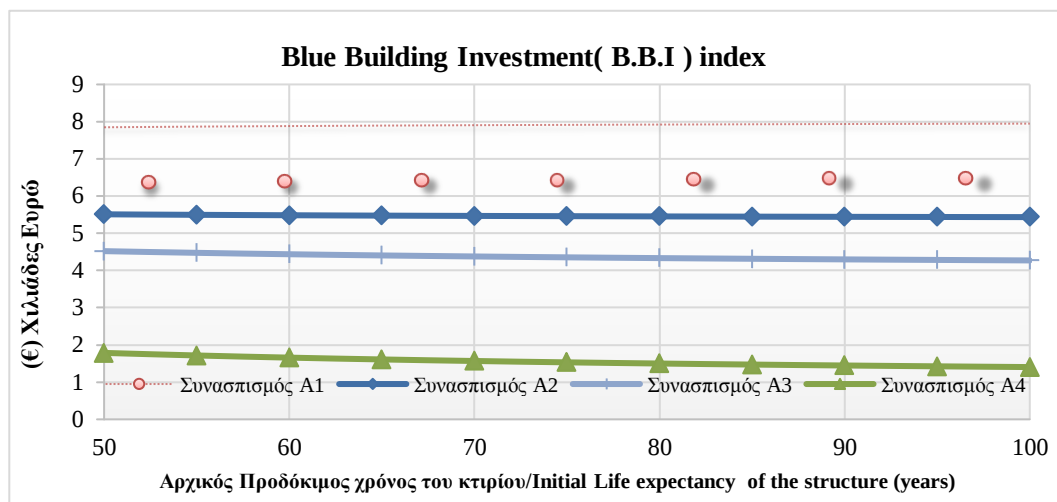
Από το διάγραμμα 112, διαπιστώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Β, για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Για κτίριο του 2013 το οποίο έχει ακολουθήσει τους αντισεισμικούς κανονισμούς του 2012 διαπιστώνεται ότι, η ενεργειακή χωρίς την αντισεισμική αναβάθμιση προκύπτει να είναι σε πλεονεκτικότερη θέση. Παρόλα αυτά σημειώνεται ότι ο συνασπισμός Γ είναι σε πλεονεκτικότερη θέση από τον συνασπισμό Α όταν ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής είναι πάνω από 70 χρόνια.



Διάγραμμα 112: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index.

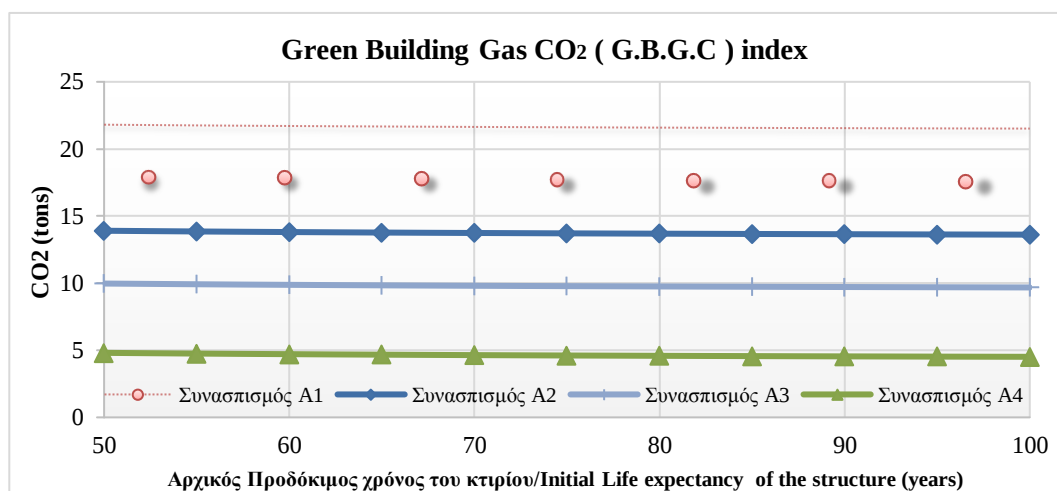
3.2.5 Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 2 και σεισμική ζώνη 2.

Στα διαγράμματα 113 – 124, αποτυπώνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε συνασπισμό για όλα τα εξεταζόμενα κτίρια. Στο διάγραμμα 113, για το συνασπισμό Α διαπιστώνεται ότι, ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στην βελτίωση της ενεργειακή κατανάλωσης των κτιρίων με την πάροδο του χρόνου.



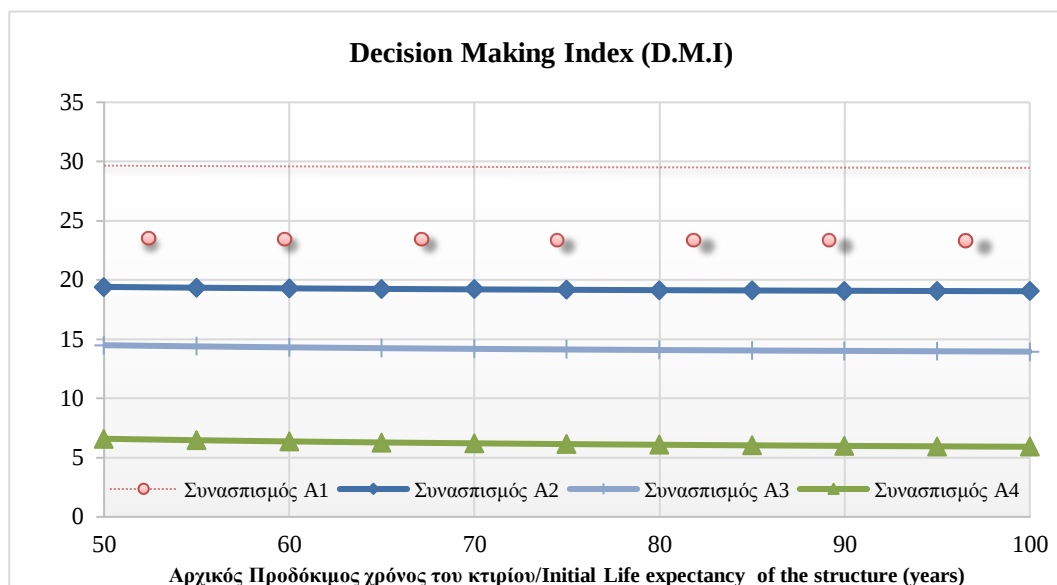
Διάγραμμα 113 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 114, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται.



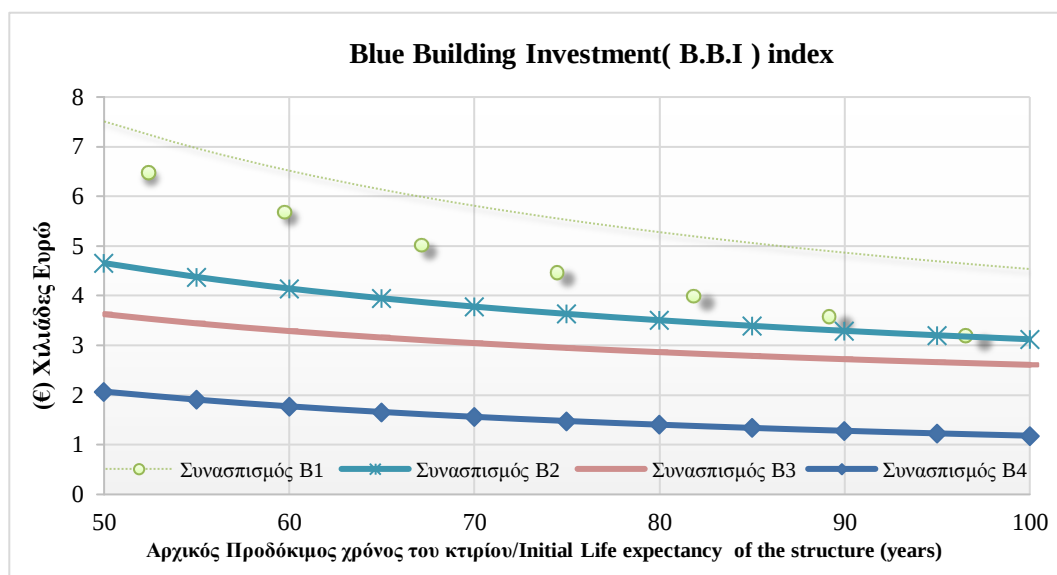
Διάγραμμα 114 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 115, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Α.



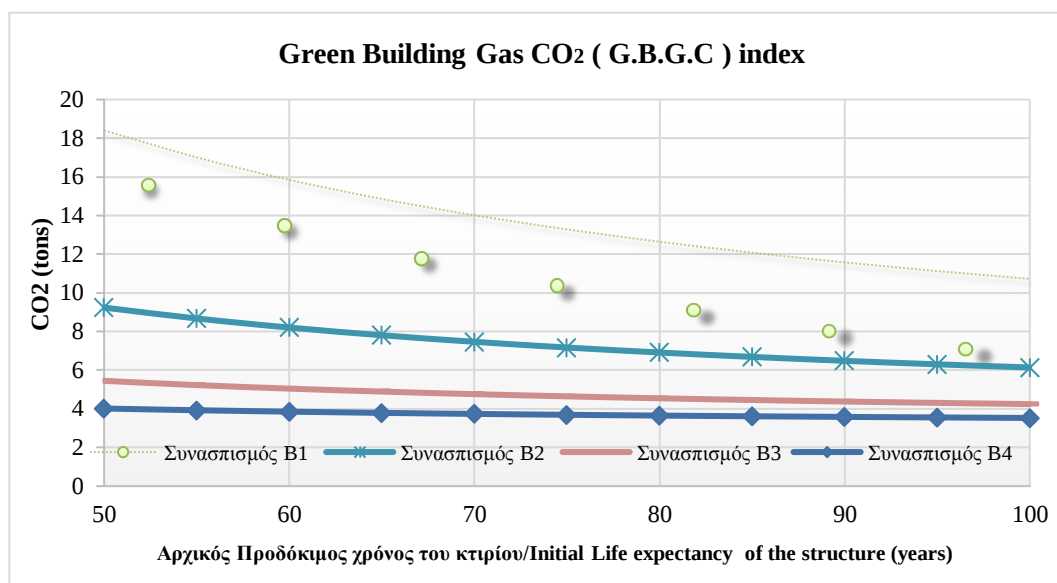
Διάγραμμα 115: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 116, διαπιστώνεται ότι για το συνασπισμό Β, ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται στην εξέλιξη της τεχνολογίας που εφαρμόστηκε στο υφιστάμενο κτίριο.



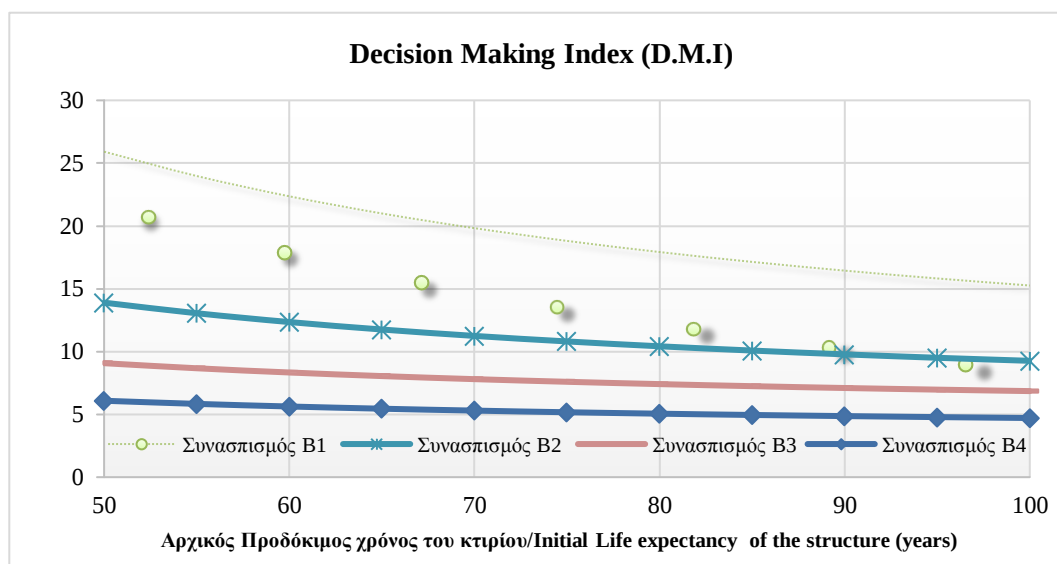
Διάγραμμα 116 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 117, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται.



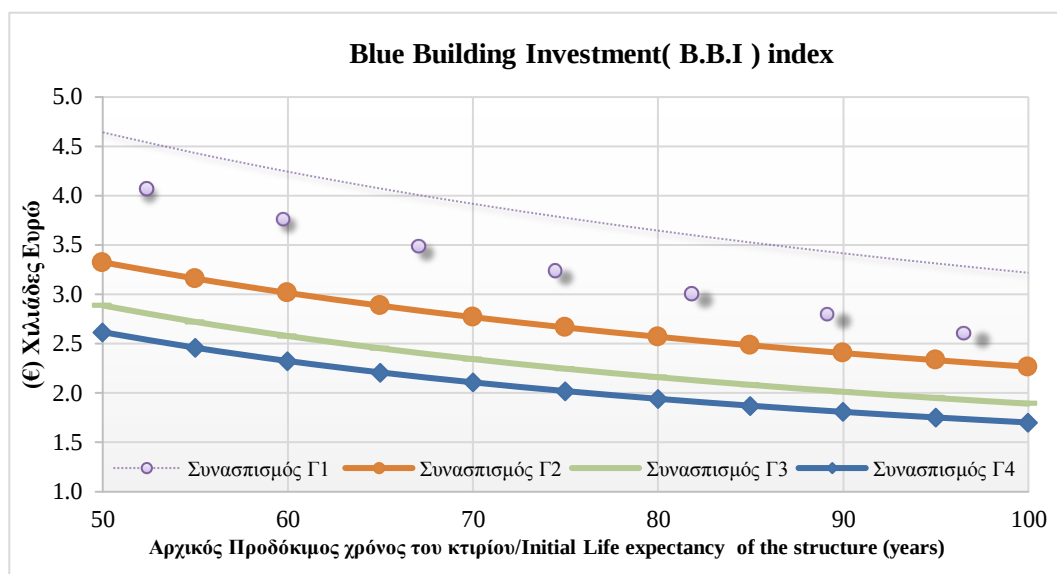
Διάγραμμα 117 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 118, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό B.



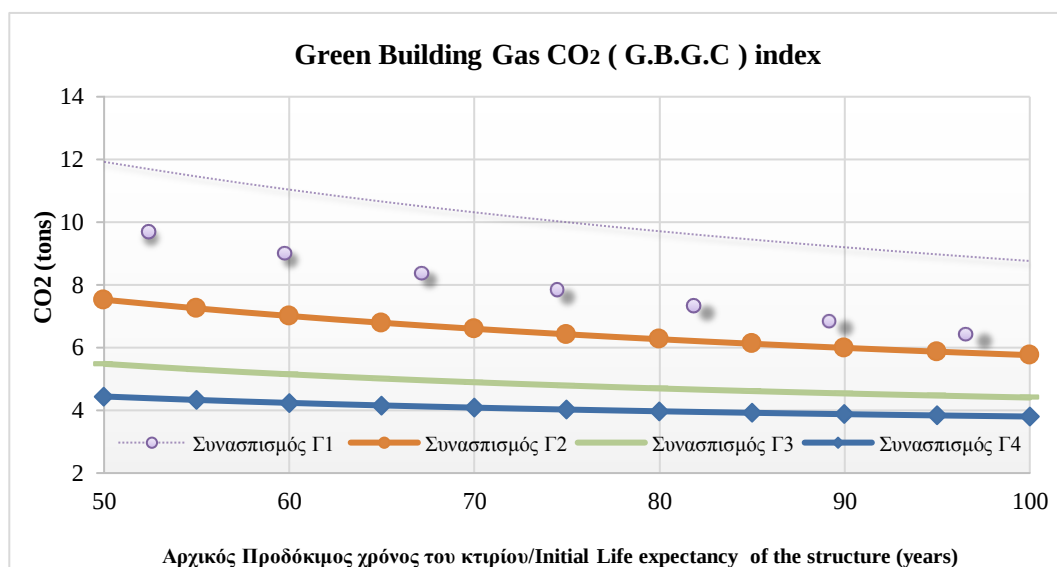
Διάγραμμα 118: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 119, διαπιστώνεται ότι για το συνασπισμό Γ ο οικονομικός δείκτης, τόσο βελτιώνεται, όσο νεότερο είναι το κτίριο. Αυτό οφείλεται και πάλι στην εξέλιξη της τεχνολογίας που εφαρμόστηκε στο υφιστάμενο κτίριο.



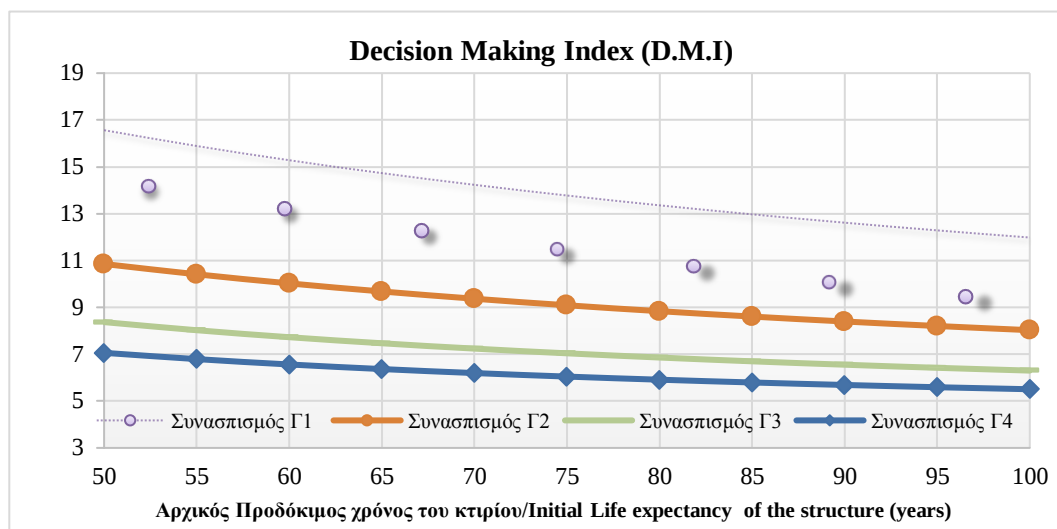
Διάγραμμα 119 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 120, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο, περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται.



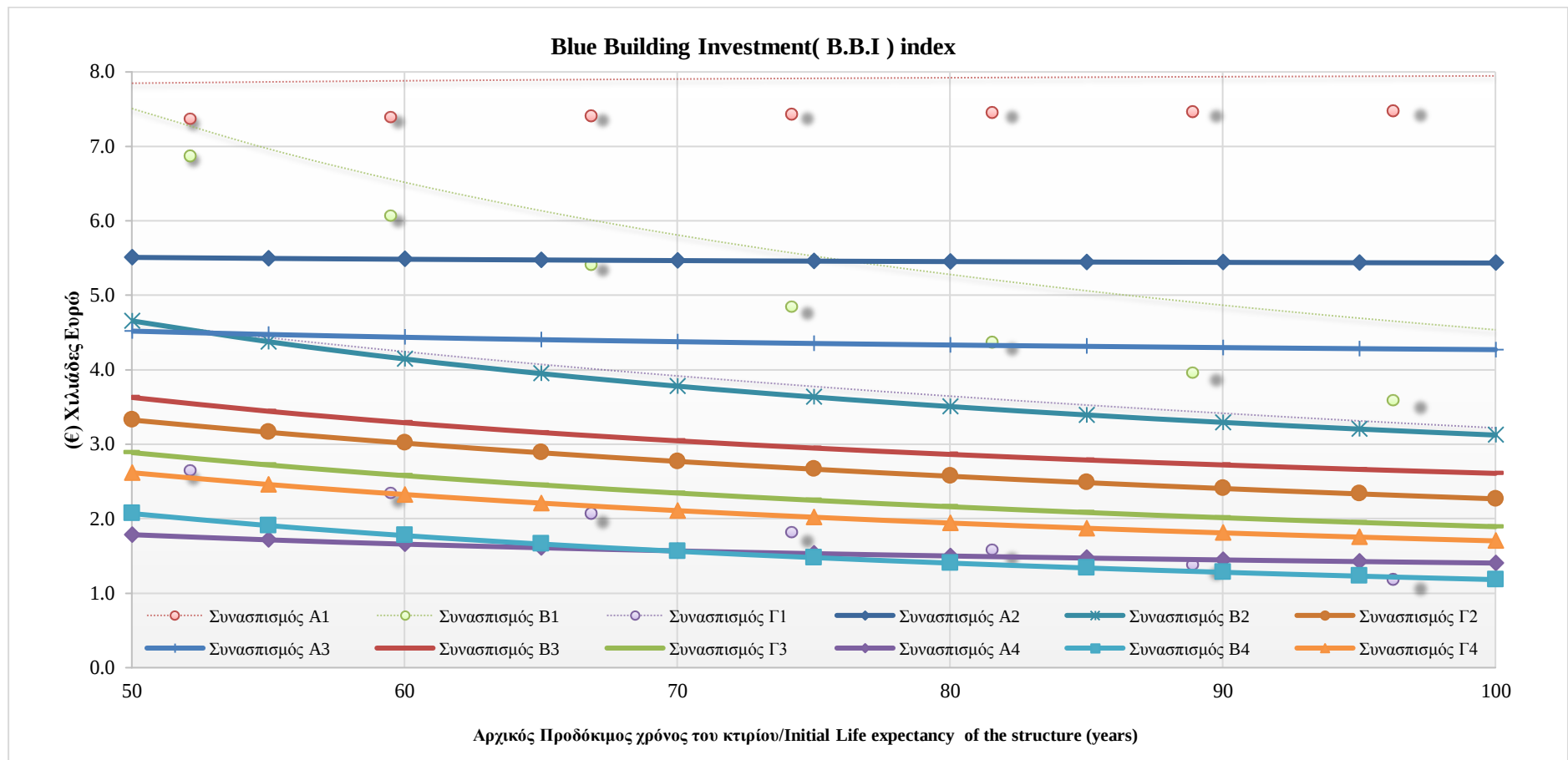
Διάγραμμα 120 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 121, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Γ.

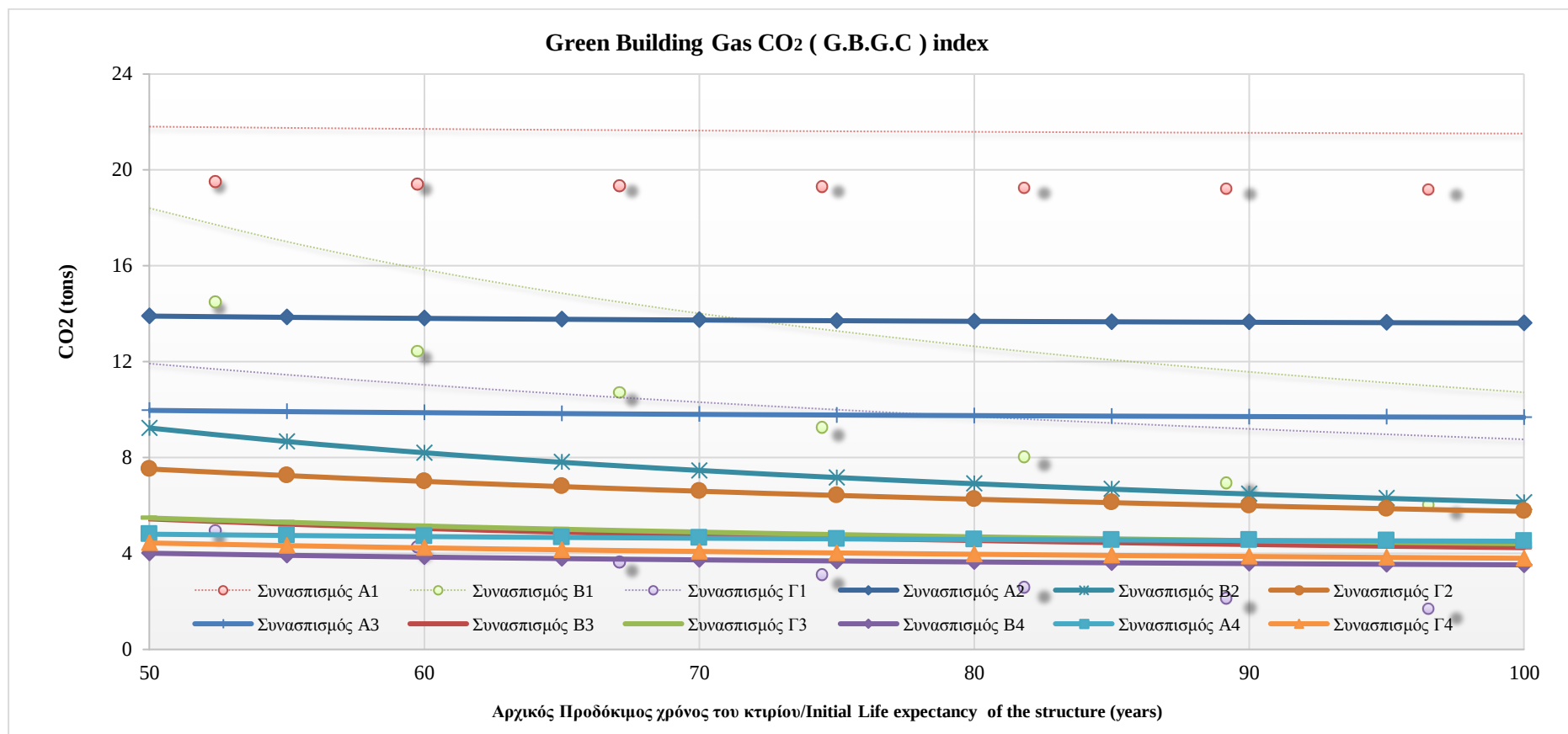


Διάγραμμα 121: Κλιματική ζώνη 2 και Σεισμική ζώνη 2. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

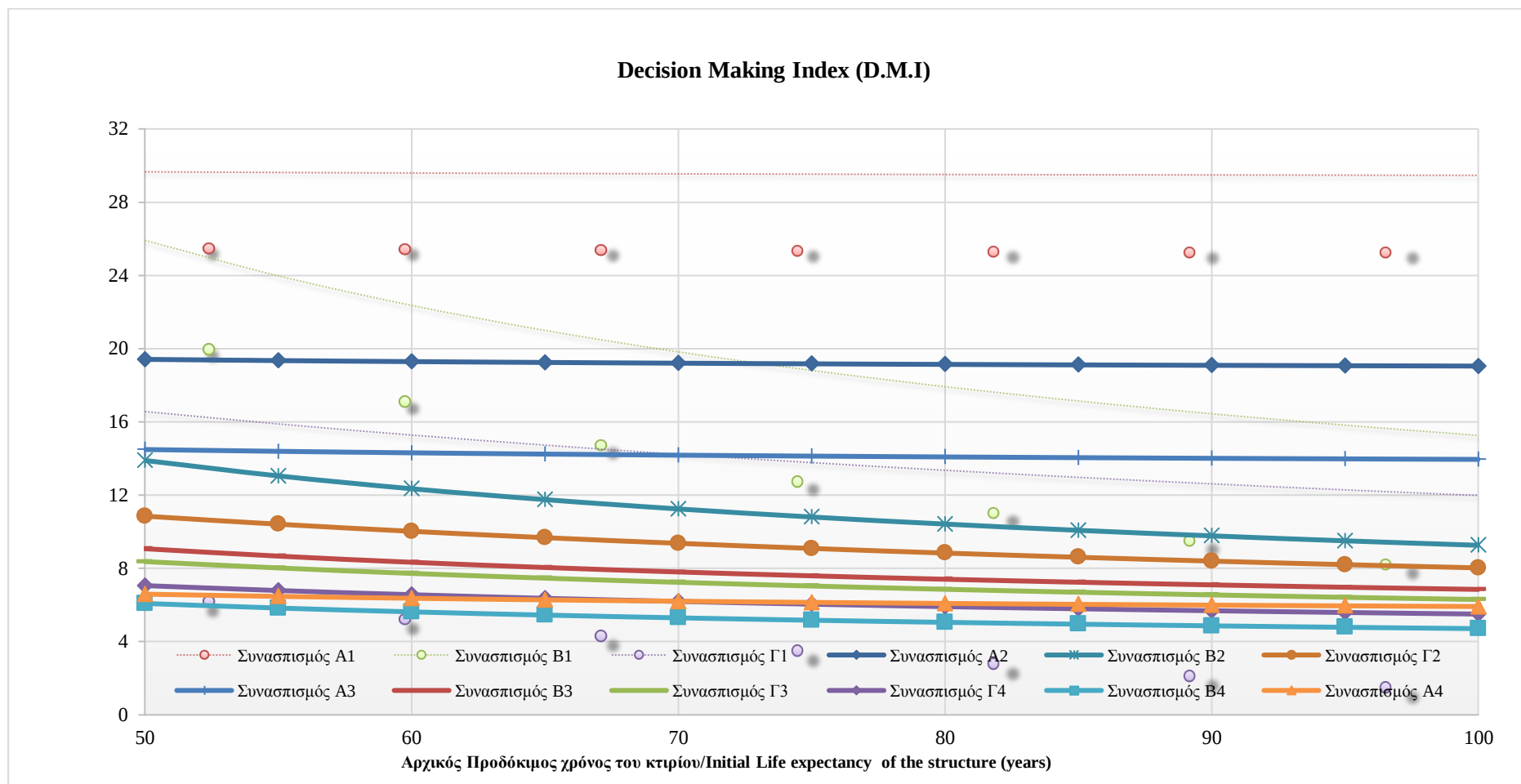
Στη συνέχεια στα διαγράμματα 122 μέχρι 124, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των συνασπισμών και των κτιρίων.



Διάγραμμα 122 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).



Διάγραμμα 123 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)



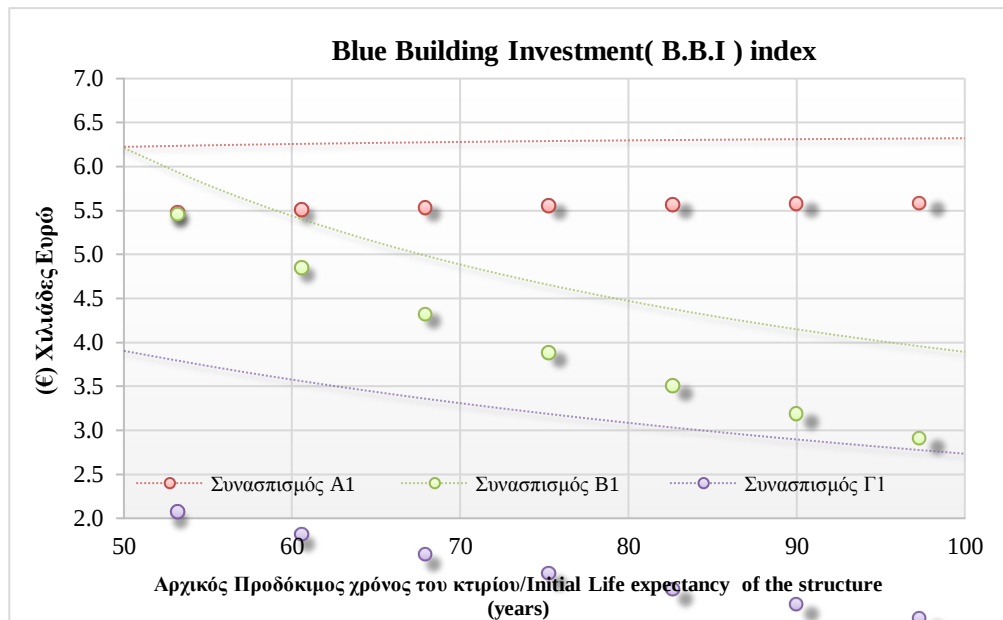
Διάγραμμα 124: Κλιματική ζώνη 1 και Σεισμική ζώνη 3. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

3.3 Ανάλυση 3 - Υφιστάμενο κτίριο το οποίο βρίσκεται στην κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1.

Η ανάλυση εφαρμόστηκε ξανά για τον ίδιο τύπο υφιστάμενου κτιρίου, αλλά για την κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1. Το υπό μελέτη υφιστάμενο κτίριο, βρίσκεται σε κλιματική ζώνη 4, δηλαδή ορεινή ζώνη, και σε σεισμική ζώνη 1, με εδαφική επιτάχυνση $a_g = 0.15g$. Από τα διαγράμματα, δεν εντοπίζονται σημαντικές αλλαγές πάρα μόνο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, λόγω αλλαγής της κλιματικής ζώνης. Εμφανίστηκε και στην κλιματική ζώνη 4, ότι η ενέργεια της θέρμανσης, είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 2 και κλιματική ζώνη 1. Όσο αφορά την ενέργεια της ψύξης είναι μικρότερη συγκριτικά με την κλιματική ζώνη 1 και κλιματική ζώνη 2, παρόλα αυτά η ενέργεια ψύξης είναι και πάλι μεγαλύτερη από την ενέργεια της θέρμανσης και στην κλιματική ζώνη 4. Επίσης εμφανίζεται να υπάρχει η ίδια συμπεριφορά των συνασπισμών εφόσον, οι διαφορές είναι πάρα πολύ μικρές στην ενεργειακή κατανάλωση και οι απαιτήσεις σεισμικής αντίστασης είναι πολύ μικρές δεδομένου ότι το κτίριο είναι ισόγεια κατοικία (μονώροφο) με ξύλινη οροφή, άρα και η ενσωματωμένη ενέργεια στο περιβαλλοντικό και στο οικονομικό αποτύπωμα είναι μικρή για να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα.

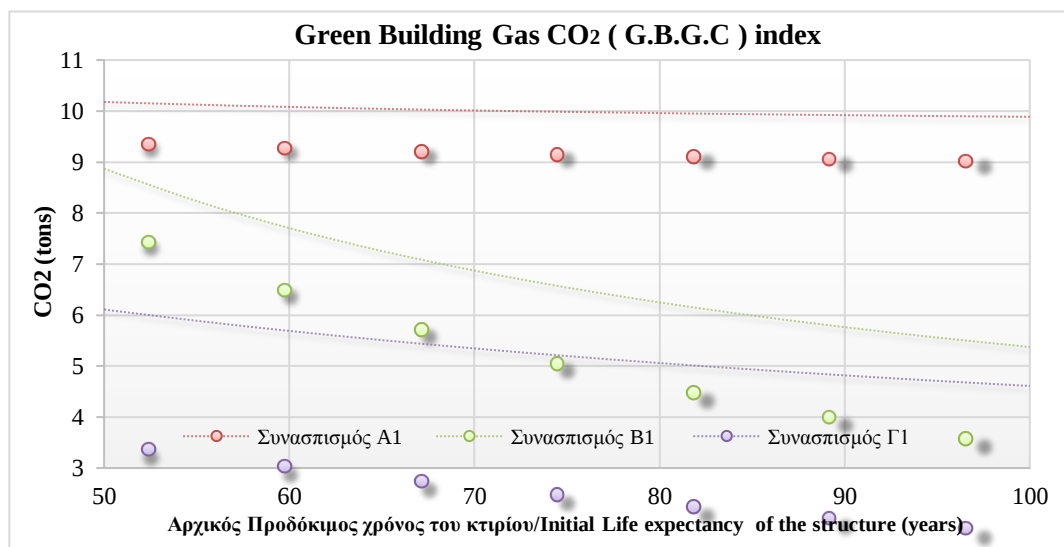
3.3.1 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.

Από το διάγραμμα 125, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη, για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Από το διάγραμμα 101, διαπιστώνεται ότι για αρχικό προσδόκιμο χρόνο ζωής τα 50 χρόνια, ο συνασπισμός Α είναι σε ευμενέστερη θέση συγκριτικά με το συνασπισμό Β, και αυτό οφείλεται στην μικρή εναπομένουσα ζωή του υφιστάμενου κτιρίου, η οποία δεν ξεπερνά την δεκαετία.



Διάγραμμα 125 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

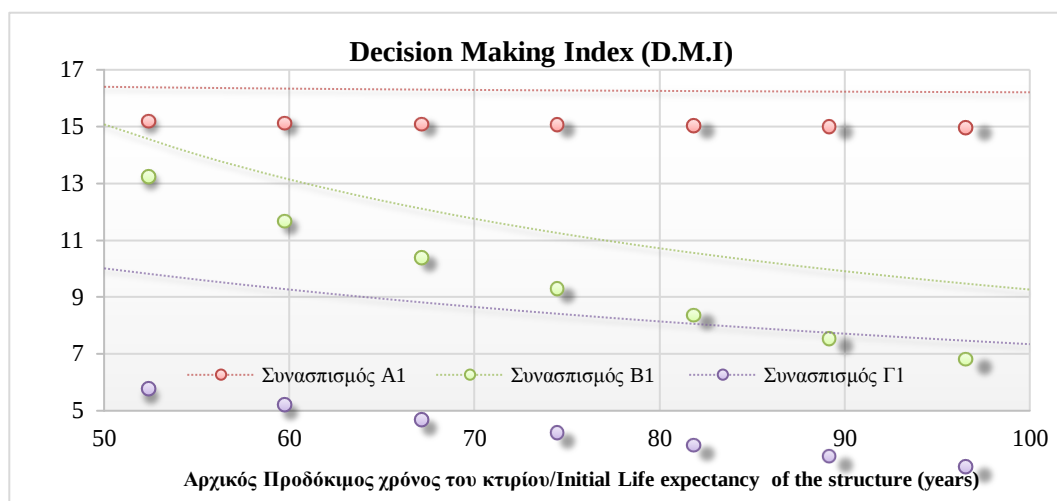
Από το διάγραμμα 126, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια.



Διάγραμμα 126 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Συνοψίζοντας από το διάγραμμα 127, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Γ, για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το συμπέρασμα είναι για τα κτίρια τα οποία

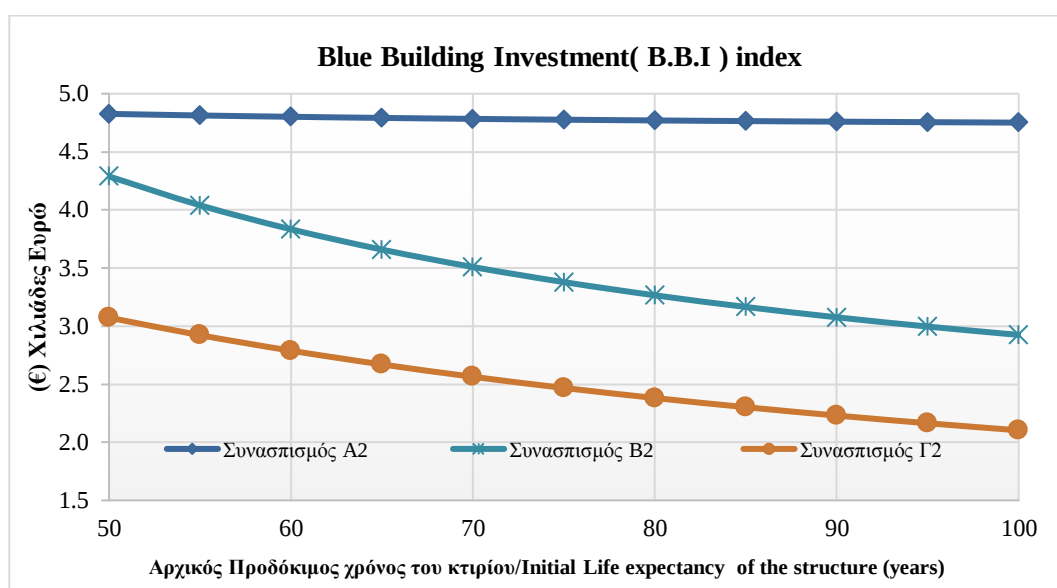
κτίστηκαν το 1980, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με την ταυτόχρονη αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 127: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

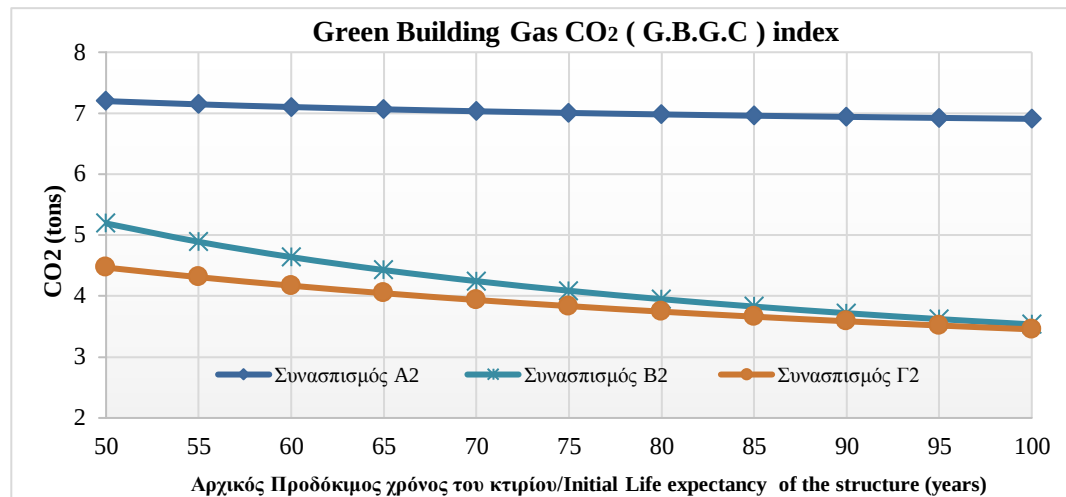
3.3.2 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.

Από το διάγραμμα 128, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994, τον έχει ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



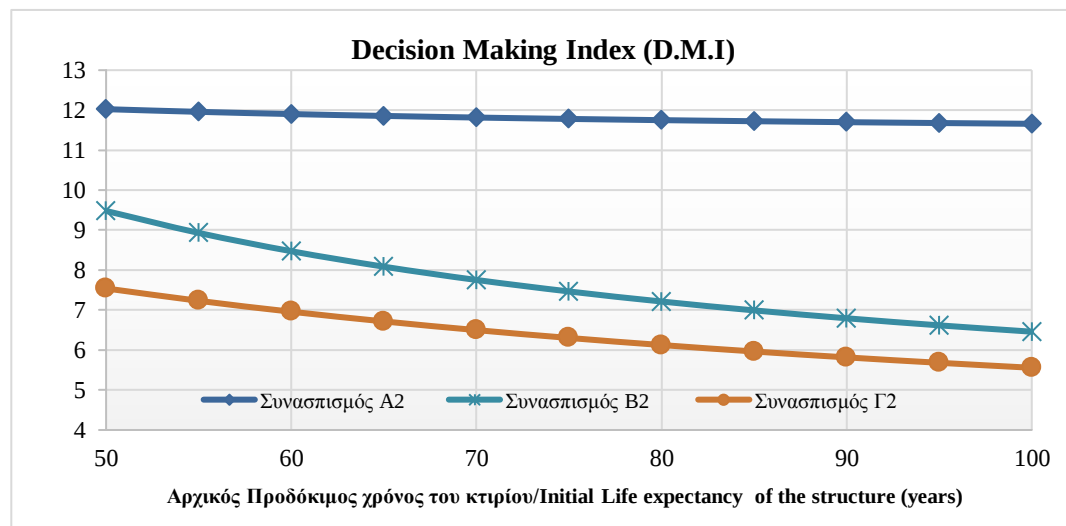
Διάγραμμα 128 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Από το διάγραμμα 129, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1994, τον έχει ο συνασπισμός Γ για τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια. Επίσης, όσο αυξάνεται ο προσδόκιμος χρόνος ζωής, τόσο μικραίνει η διαφορά των συνασπισμών Β και Γ.



Διάγραμμα 129 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

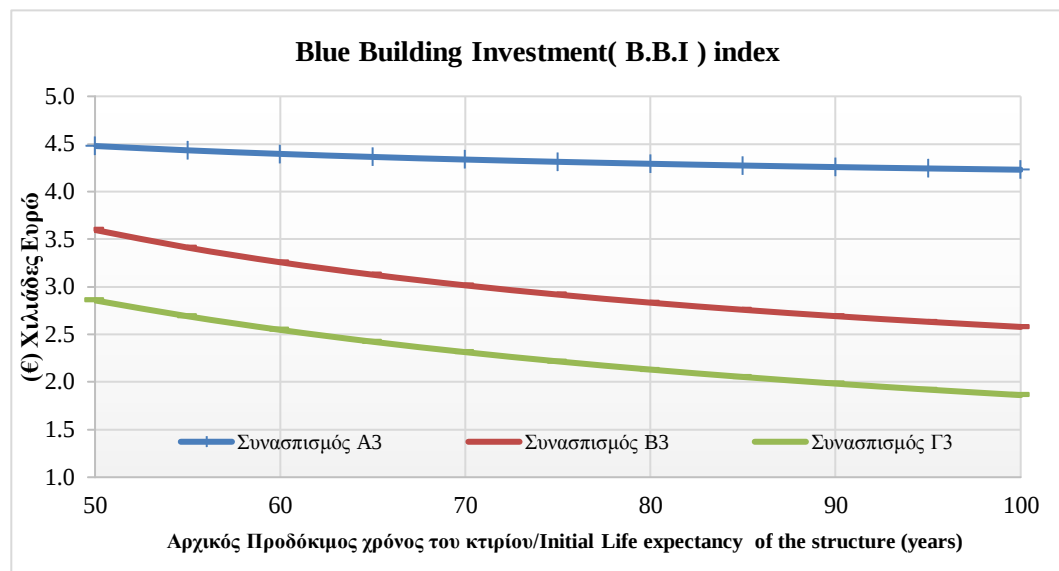
Από το διάγραμμα 130, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης, τον έχει τελικά ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το αποτέλεσμα είναι ότι για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 1994, ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με ταυτόχρονη αντισεισμική και ενεργειακή αναβάθμιση, δηλαδή ο συνασπισμός Γ.



Διάγραμμα 130: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment(B.B.I)Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C)index

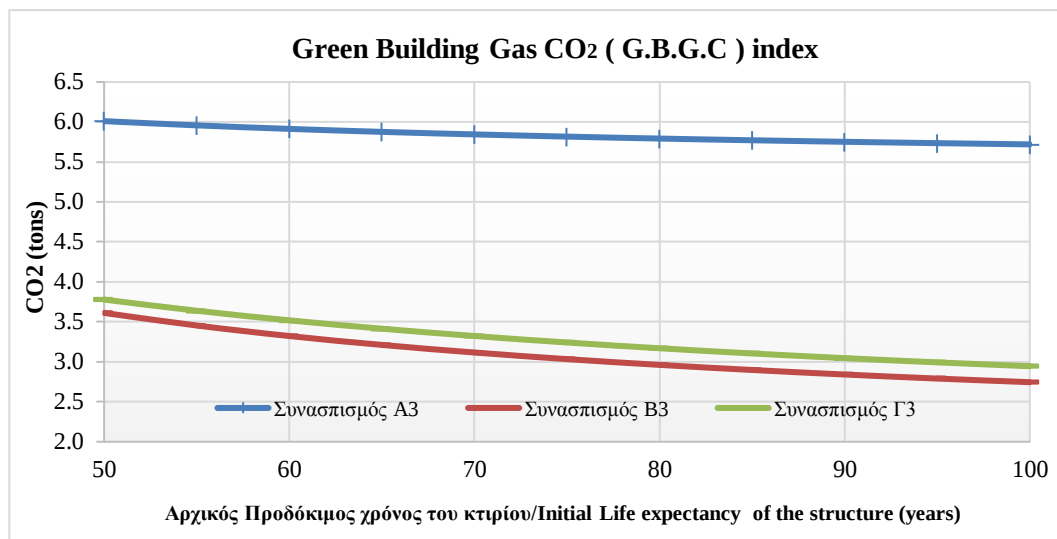
3.3.3 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.

Από το διάγραμμα 131, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο οικονομικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει και πάλι ο συνασπισμός Γ για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής.



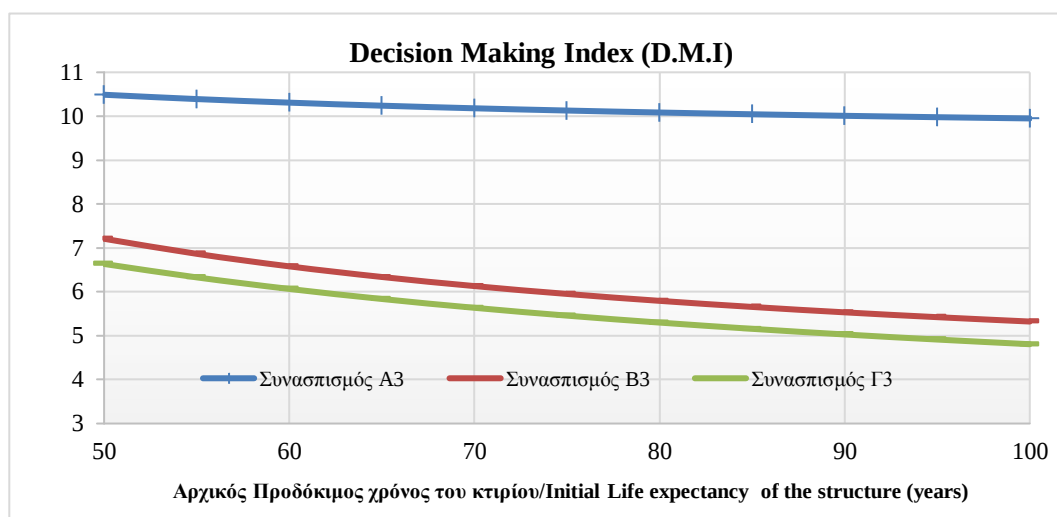
Διάγραμμα 131 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 132, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2008, τον έχει ο συνασπισμός B. Η υφιστάμενη ηλικία του κτιρίου είναι τόσο μικρή έτσι που να καθιστά το συνασπισμό B στην πρώτη θέση προτίμησης συγκριτικά με το συνασπισμό Γ.



Διάγραμμα 132 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

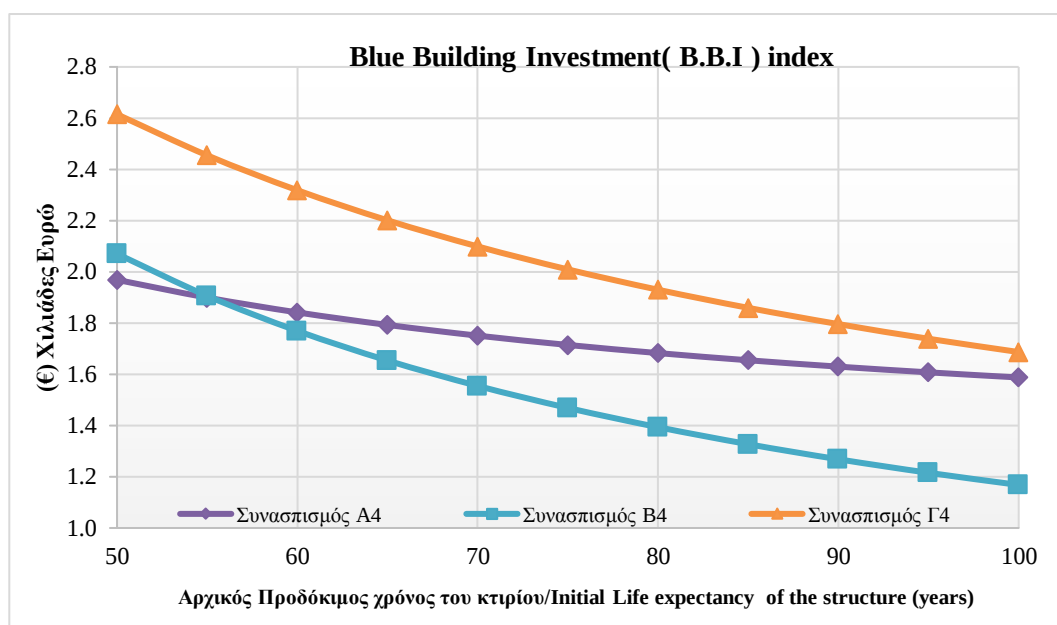
Από το διάγραμμα 133, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει τελικά ο συνασπισμός Γ, για σχεδόν όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής μέχρι και τα 100 χρόνια. Για τα κτίρια τα οποία κτίστηκαν το 2008 εμφανίζεται ότι ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης τους με βάση την μεθοδολογία, είναι ο συνασπισμός με την ταυτόχρονη ενεργειακή αναβάθμιση και αντισεισμική αναβάθμιση. Προκύπτει ότι παρόλο που το κτίριο δεν έχει σχεδιασθεί με τους τελευταίους αντισεισμικούς κανονισμούς δεν είναι απαγορευτική η ενεργειακή αναβάθμιση του χωρίς ταυτόχρονη αντισεισμική αναβάθμιση.



Διάγραμμα 133: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index.

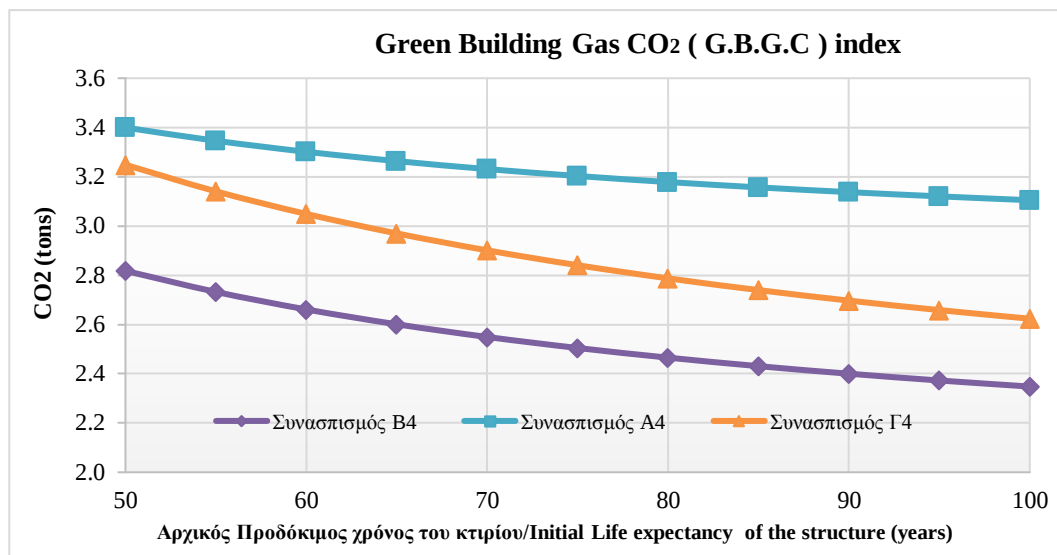
3.3.4 Βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης για το Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί στο διάγραμμα 134 είναι ότι ο χαμηλότερος οικονομικός δείκτη για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 2013 τον έχει ο συνασπισμός Α μέχρι τα 55 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής, και μεταγενέστερα επικρατεί ο Συνασπισμός Β. Το κτίριο έχει κατασκευαστεί το 2013 εφαρμόζοντας τους ισχύοντες αντισεισμικούς κανονισμούς, οι οποίοι τέθηκαν σε εφαρμογή το 2012. Η επιρροή της προ υπάρχουσας αντισεισμικής κατάστασης εμφανίζεται να οδηγεί το συνασπισμό Γ σε δυσμενέστερη θέση από τον συνασπισμό Α μέχρι και τα 100 χρόνια του αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Παρόλα αυτά εντοπίζεται ότι ο συνασπισμός Γ δεν είναι προτιμότερος από τον συνασπισμό Α ακόμα και όταν ο αρχικός προσδόκιμος χρόνος ζωής είναι μεγαλύτερος των 100 χρόνων αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής.



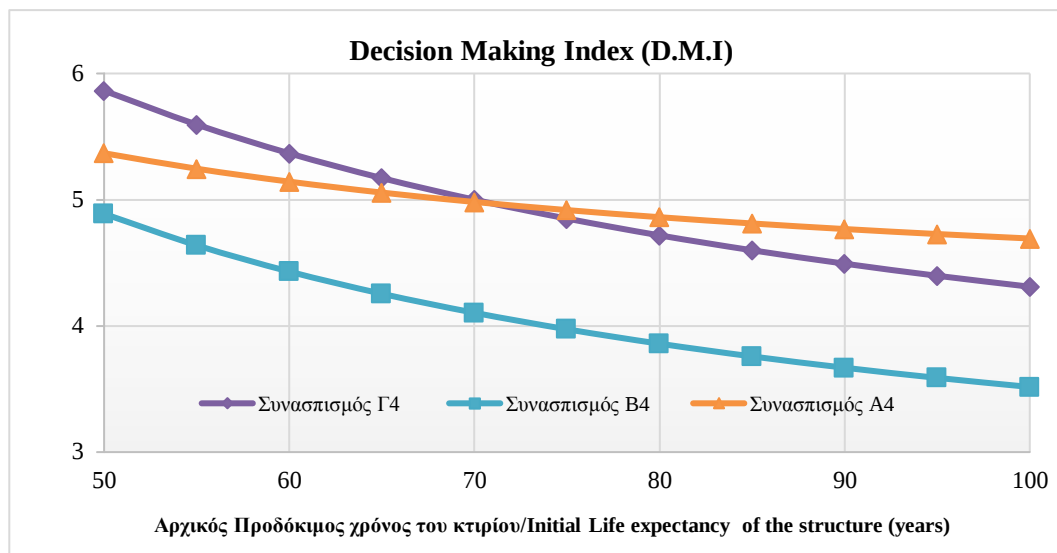
Διάγραμμα 134 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Από το διάγραμμα 135, αποτυπώνεται ότι τον χαμηλότερο περιβαλλοντικό δείκτη, τον έχει ο συνασπισμός Β για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το έτος 2013.



Διάγραμμα 135 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

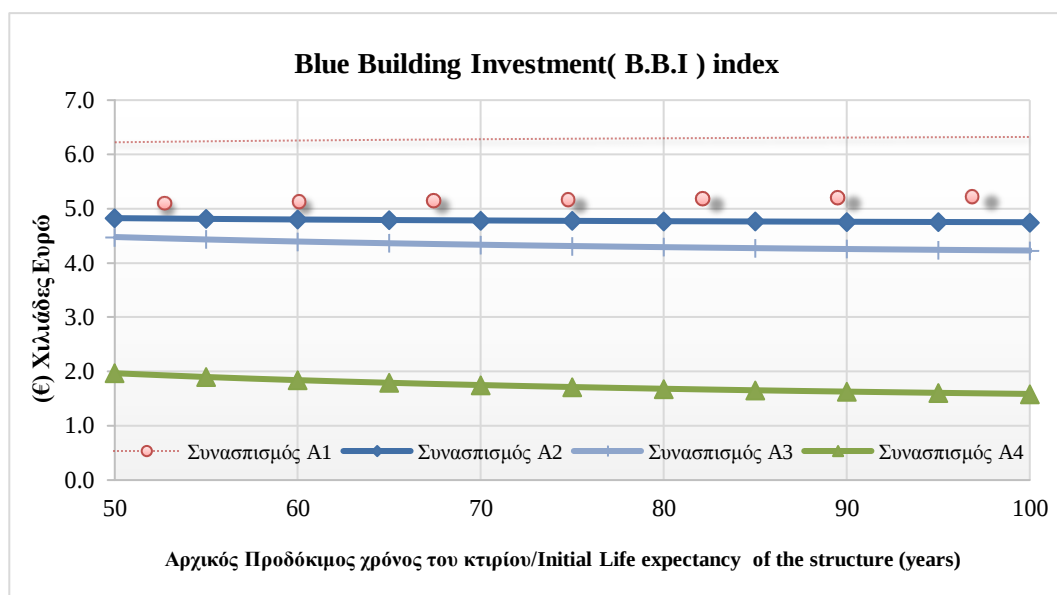
Συνοψίζοντας, από το διάγραμμα 136 αποτυπώνεται ότι, τον χαμηλότερο δείκτη απόφασης τον έχει ο συνασπισμός Β για όλους τους ενδεχόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής. Το κτίριο 2013 το οποίο έχει ακολουθήσει τους αντισεισμικούς κανονισμούς του 2012, εμφανίζεται ότι η ενεργειακή αναβάθμιση είναι σε πλεονεκτικότερη θέση χωρίς να απαιτείται αντισεισμική/στατική αναβάθμιση. Παρόλα αυτά σημειώνεται ότι, ο συνασπισμός Α είναι σε πλεονεκτικότερη θέση από τον συνασπισμό Γ μέχρι και τα 70 χρόνια αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής. Ο συνασπισμός Α πέραν των 70 χρόνων αρχικού προσδόκιμου χρόνου ζωής είναι σε δυσμενέστερη θέση και αυτό προκύπτει επειδή η ενεργειακή αναβάθμιση έχει τόσο εξοικονόμηση στο οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κτιρίου που καθιστά το συνασπισμό Β και Γ σε πλεονεκτικότερη θέση από το συνασπισμό Α.



Διάγραμμα 136: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I = Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index.

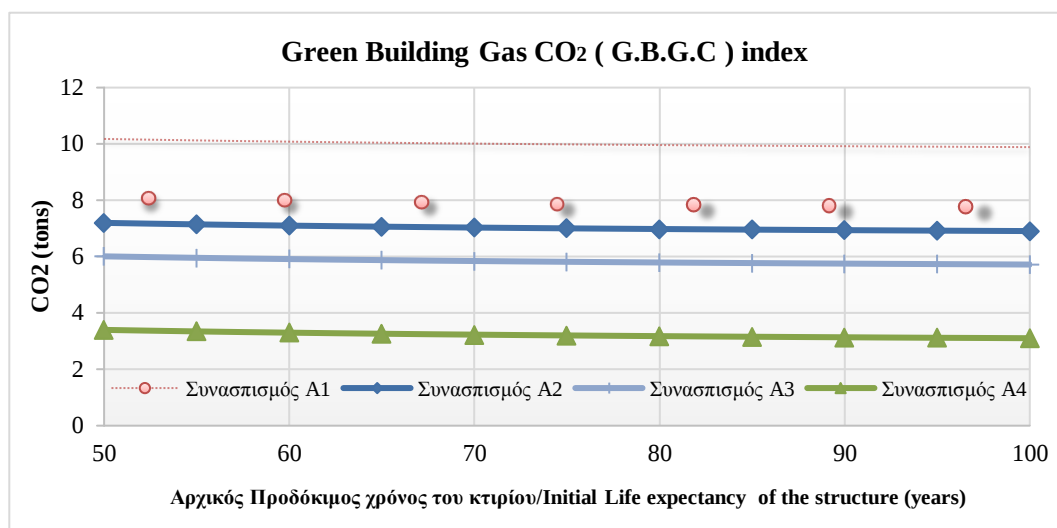
3.3.5 Συγκριτικά διαγράμματα των υφιστάμενων κτιρίων τα οποία βρίσκονται στην κλιματική ζώνη 4 και σεισμική ζώνη 1.

Στα διαγράμματα 137 – 148, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα συγκεντρωτικά για κάθε συνασπισμό για όλα τα εξεταζόμενα κτίρια. Στο διάγραμμα 137, για το συνασπισμό A διαπιστώνεται ότι ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο.



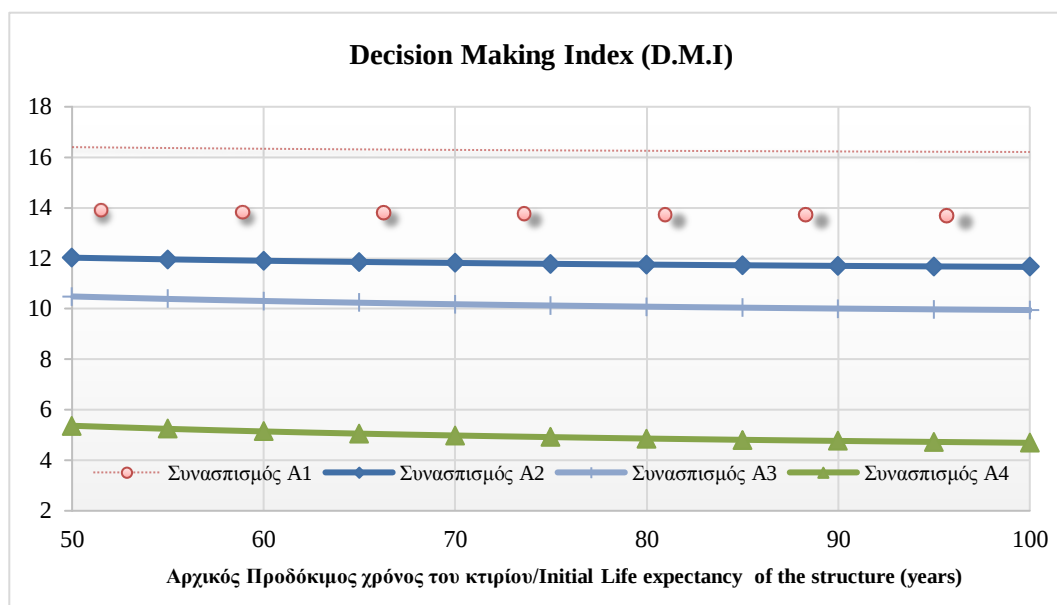
Διάγραμμα 137 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 138, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο, τόσο ελαχιστοποιείται.



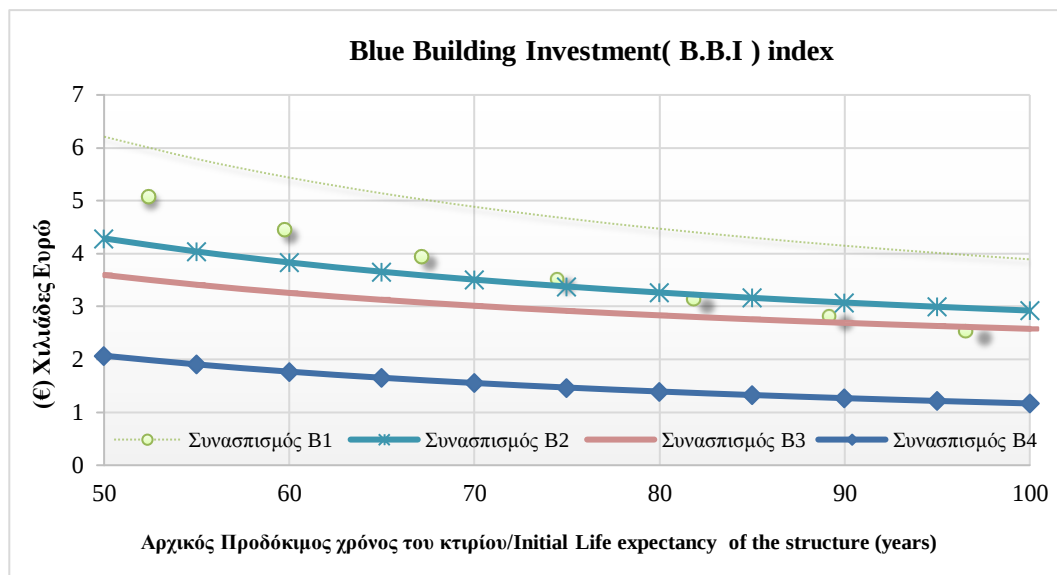
Διάγραμμα 138 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 139, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Α.



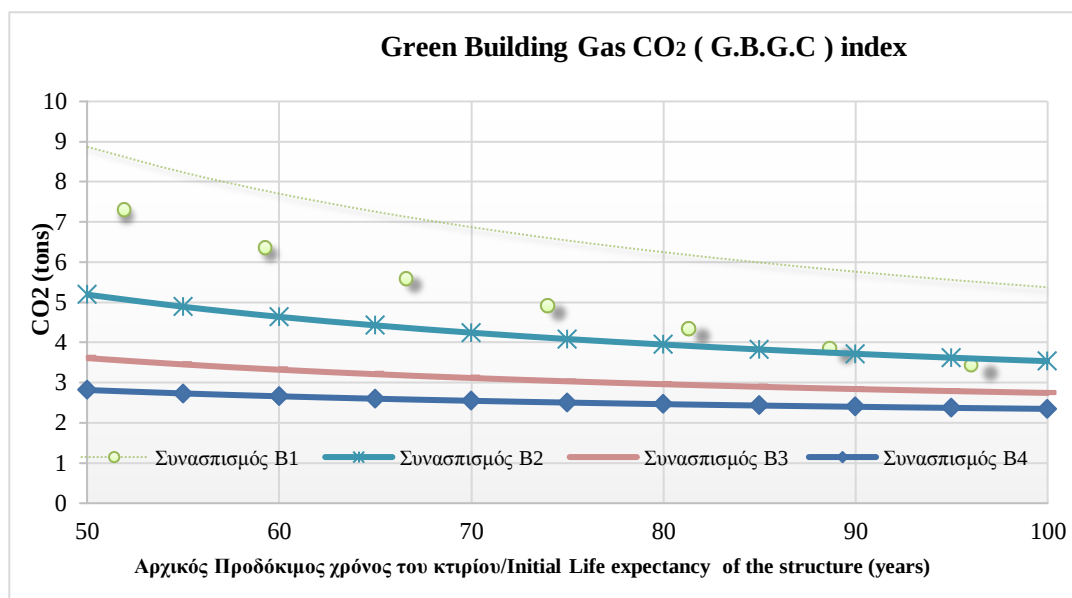
Διάγραμμα 139: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 140, διαπιστώνεται για το συνασπισμό Β ότι ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο.



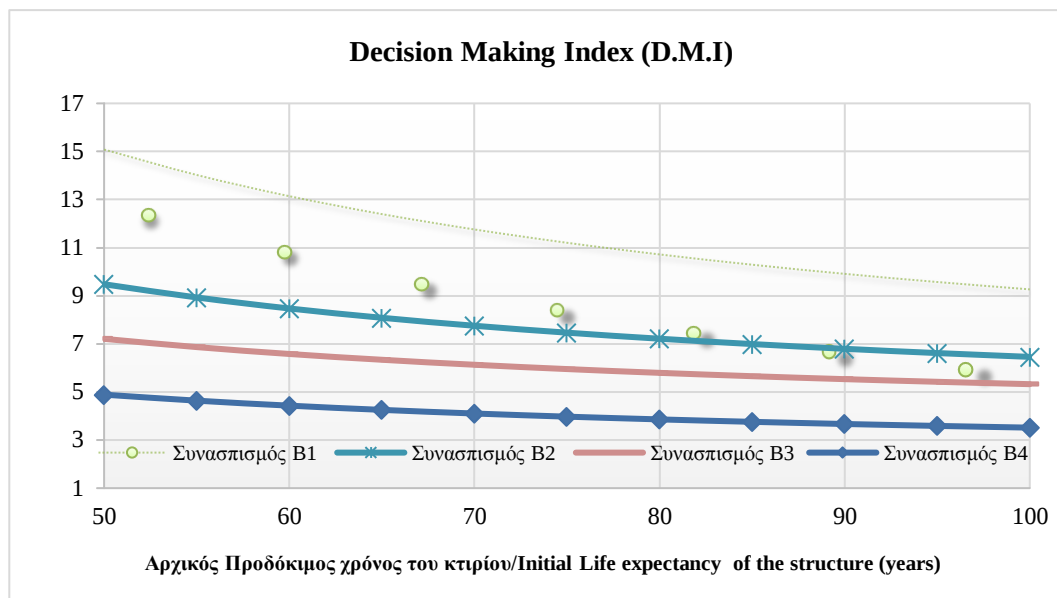
Διάγραμμα 140 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 141, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο τόσο ελαχιστοποιείται.



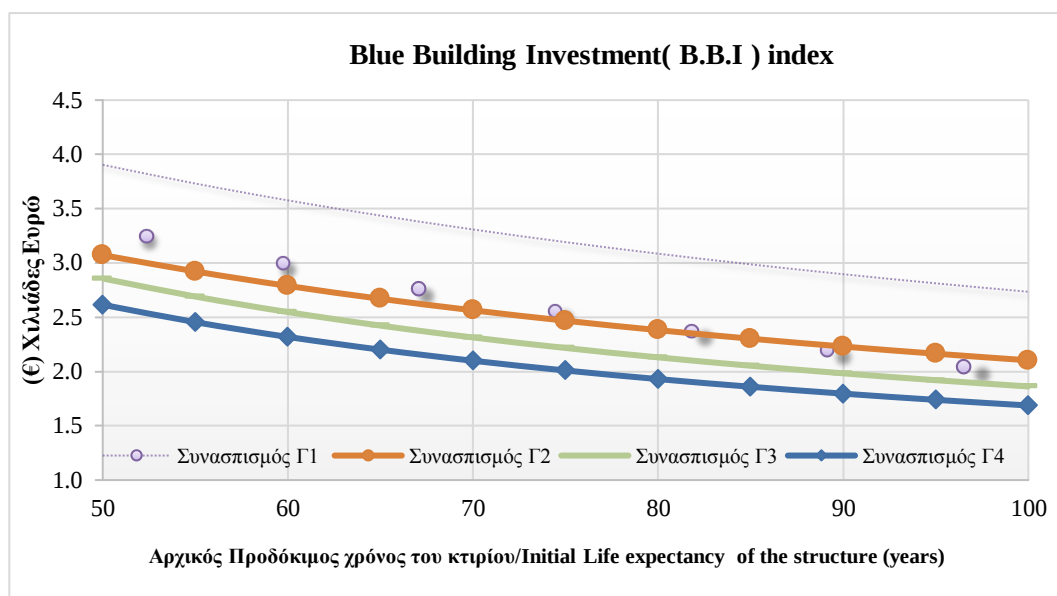
Διάγραμμα 141 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 142, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό B.



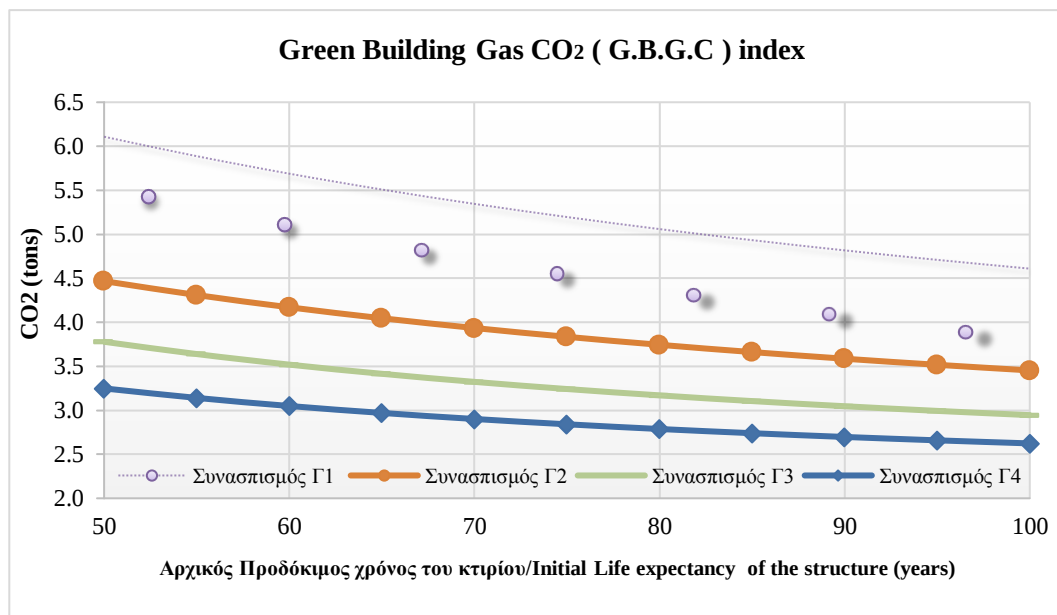
Διάγραμμα 142: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

Στο διάγραμμα 143, διαπιστώνεται ότι για το συνασπισμό Γ ο οικονομικός δείκτης τόσο βελτιώνεται όσο νεότερο είναι το κτίριο.



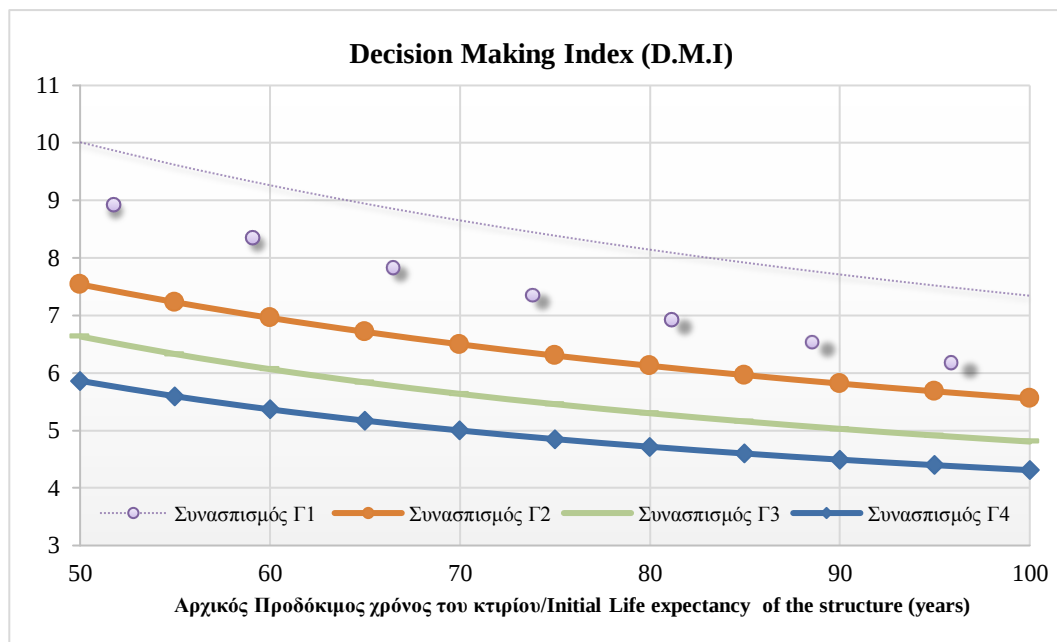
Διάγραμμα 143 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).

Στο διάγραμμα 144, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στον περιβαλλοντικό δείκτη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα με βάση τα δεδομένα του πίνακα 31, όσο μεταγενέστερα κατασκευάστηκε το κτίριο τόσο ελαχιστοποιείται.



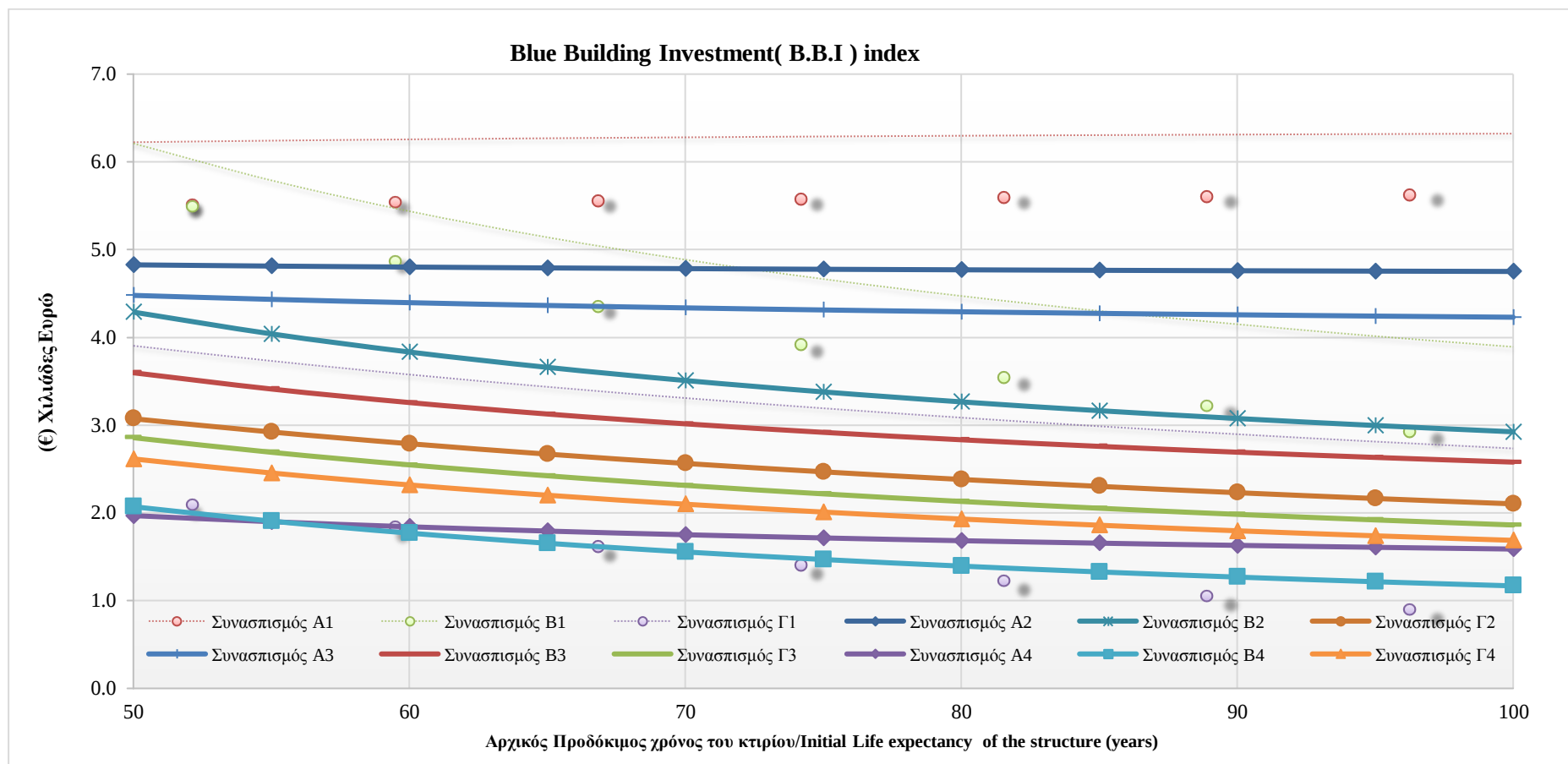
Διάγραμμα 144 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)

Στο διάγραμμα 145, διαπιστώνεται η ίδια βελτίωση και στο δείκτη απόφασης για το συνασπισμό Γ.

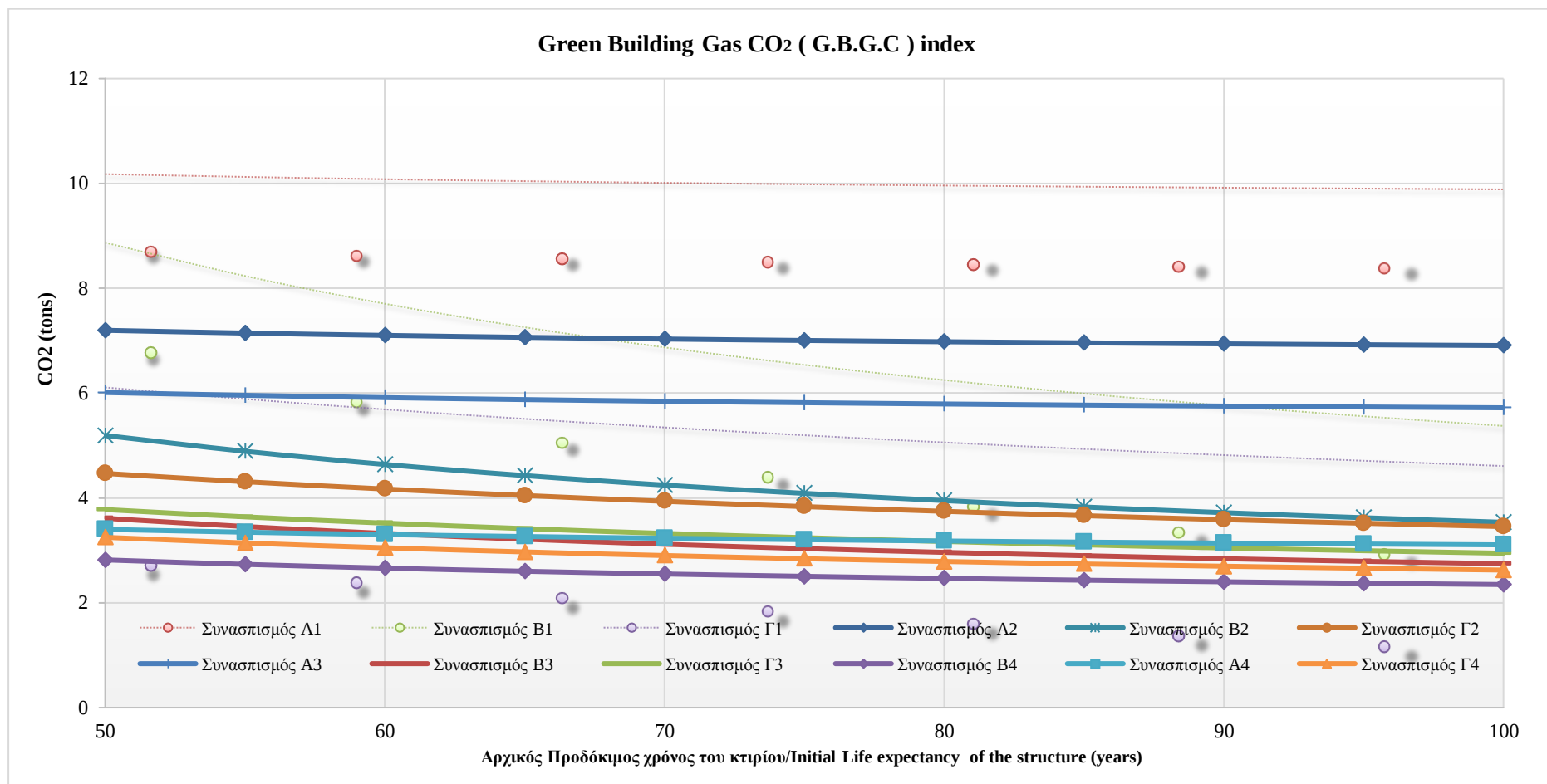


Διάγραμμα 145: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

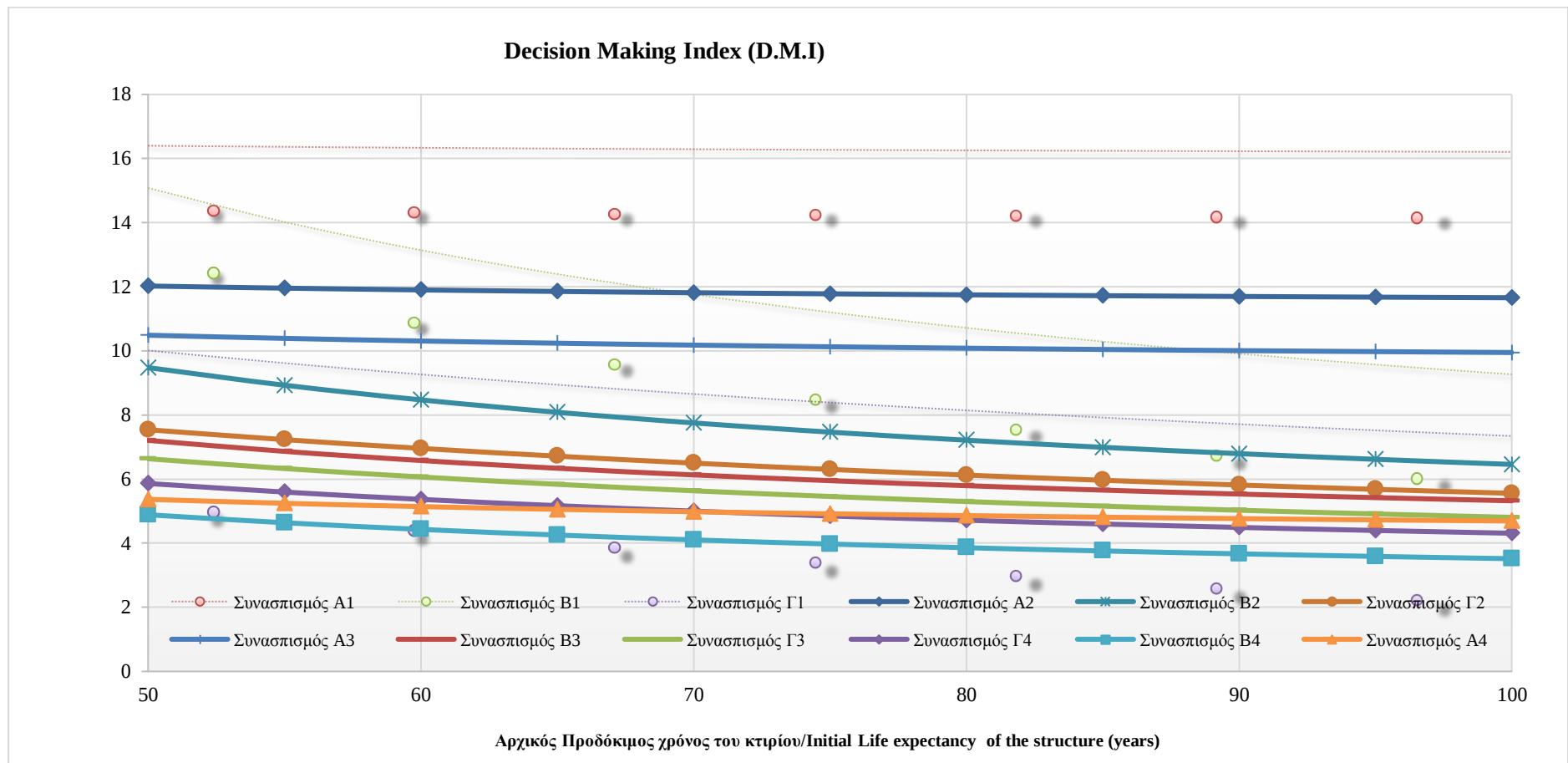
Στη συνέχεια στα διαγράμματα 146 μέχρι 148, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των συνασπισμών και των κτιρίων.



Διάγραμμα 146 (B.B.I): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Total Cost (€) (euro)/ Final Life Structure Expectancy (in year's).



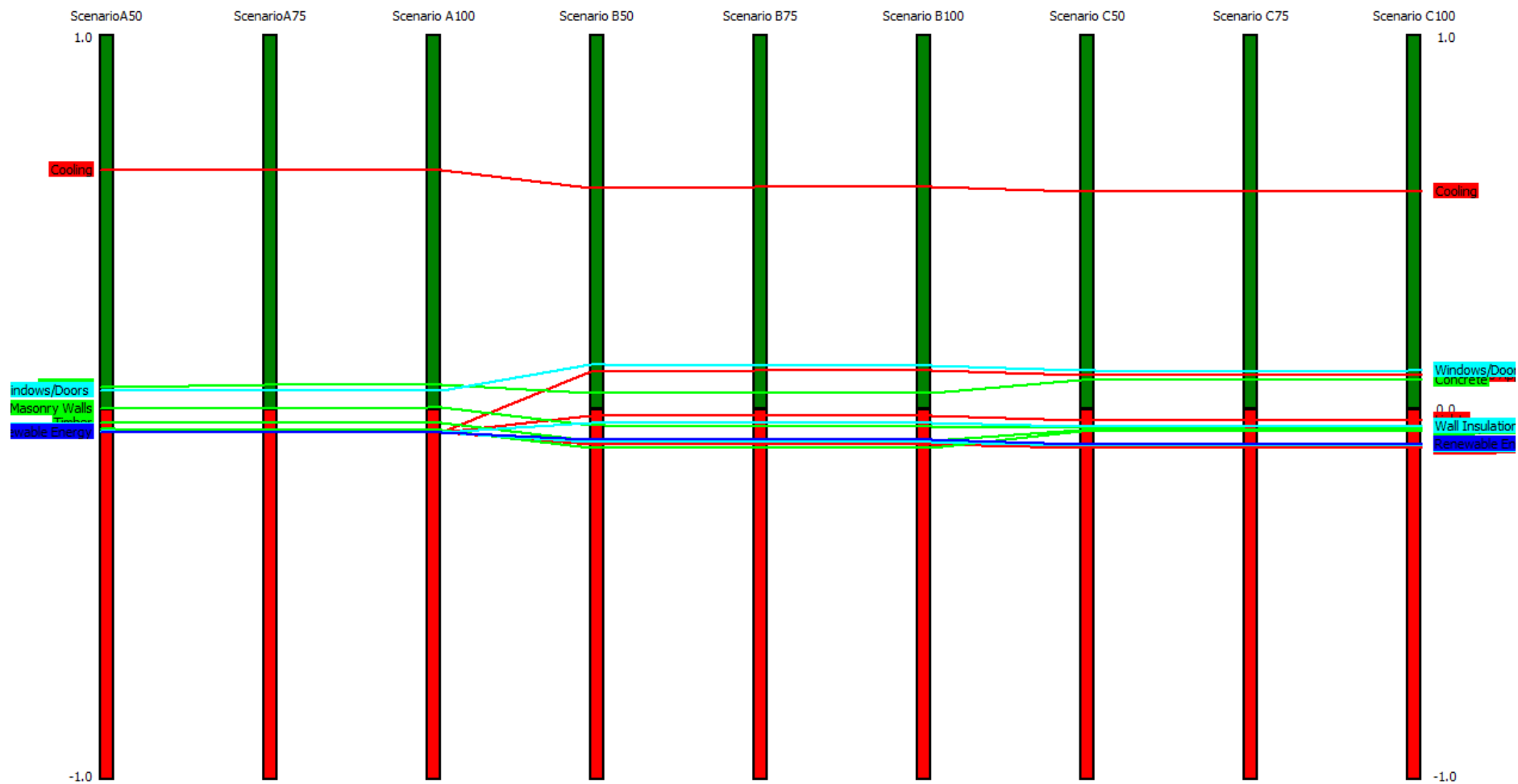
Διάγραμμα 147 (G.B.G.C): Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. Final Life Cycle Footprint CO₂ (in tons)/ Final Life Structure Expectancy (in year's)



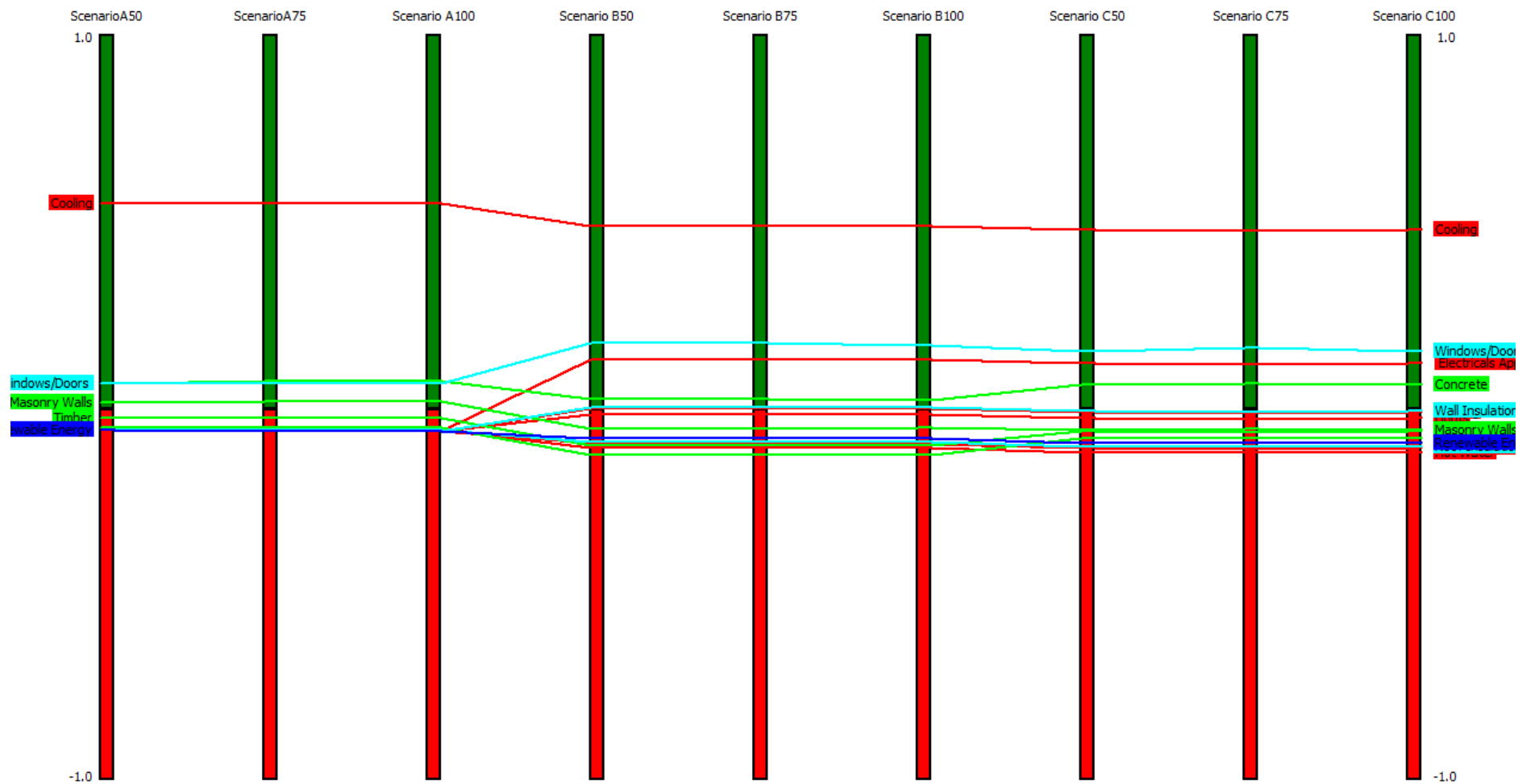
Διάγραμμα 148: Κλιματική ζώνη 4 και Σεισμική ζώνη 1. D.M.I =Blue Building Investment (B.B.I) Index + Green Building Gas CO₂ (G.B.G.C) index

3.4 Συγκριτικά διαγράμματα των ενεργειών των κριτηρίων για κάθε κλιματική και σεισμική ζώνη.

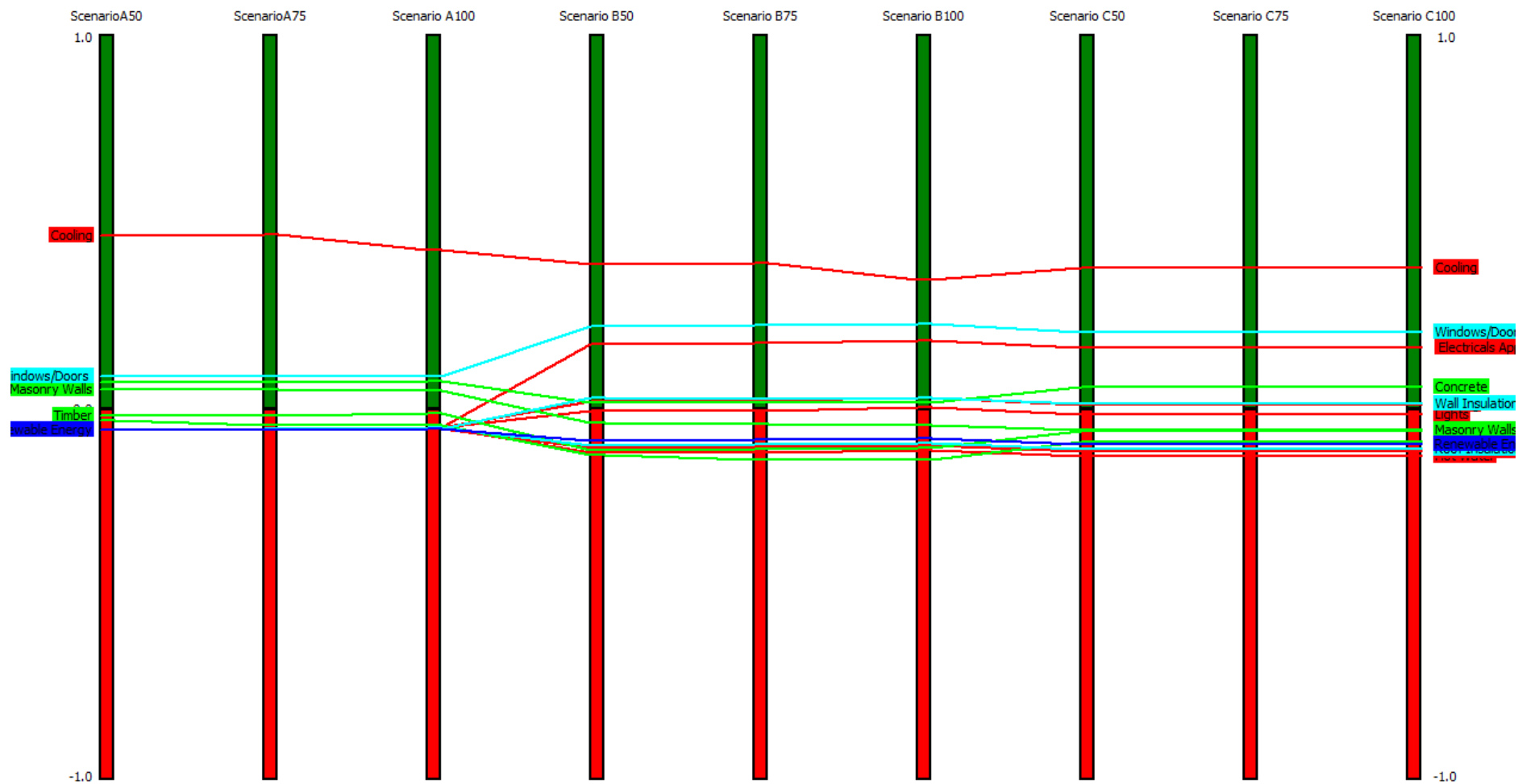
Στα διαγράμματα 149 μέχρι 160, αποτυπώνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα και ο βαθμός επιρροής των ενεργειών για κάθε συνασπισμό και για τα σενάρια A₅₀, A₇₅, A₁₀₀, B₅₀, B₇₅, B₁₀₀, Γ₅₀, Γ₇₅, και Γ₁₀₀ για τους αναφερόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής για τα κτίρια τα οποία κατασκευάστηκαν το 1980, 1994, 2008 και 2013. Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται ότι για τα έτη 1980, 1994 και 2008 η ενέργεια της ψύξης (A1) είναι η επικρατέστερη και ακολουθεί δεύτερη, η ενέργεια του σκυροδέματος με τρίτη, την ενέργεια των ανοιγμάτων για το συνασπισμό A. Για τους συνασπισμούς B και Γ πάλι επικρατέστερη είναι η ενέργεια της ψύξης, δεύτερη η ενέργεια των ανοιγμάτων, τρίτη η ενέργεια του ηλεκτρικών συσκευών και τέταρτη η ενέργεια του σκυροδέματος. Για το έτος 2013 εμφανίζεται ότι η επικρατέστερη δεν είναι πλέον η ενέργεια της ψύξης αλλά η ενέργεια του σκυροδέματος με δεύτερη την ενέργεια των ανοιγμάτων και τρίτη την ενέργεια της ψύξης για το συνασπισμό A. Για τους συνασπισμούς B και Γ, η επικρατέστερη ενέργεια είναι αυτή των ανοιγμάτων, με δεύτερη την ενέργεια του σκυροδέματος και τρίτη την ενέργεια της ψύξης. Αυτό υποδεικνύει ότι για τα κτίρια που κατασκευάστηκαν το 2013 και μεταγενέστερα ο τομέας που ακόμα χρήζει βελτίωσης όσο αφορά το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα, είναι η ενσωματωμένη ενέργεια των ανοιγμάτων και του σκυροδέματος. Η βελτίωση των αναφερόμενων ενεργειών μπορεί να επέλθει από την εξεύρεση οικονομικότερου συστήματος και περιβαλλοντικά μικρότερου αποτυπώματος για το κάθε σύστημα. Ένα παράδειγμα βελτίωσης για την ενσωματωμένη ενέργεια του σκυροδέματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα με δυνατότητα απορρόφησης CO₂. Για τα ανοίγματα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί υλικό συστήματος με μικρότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα όπως για παράδειγμα να είχαν διατηρηθεί τα ξύλινα ανοίγματα.



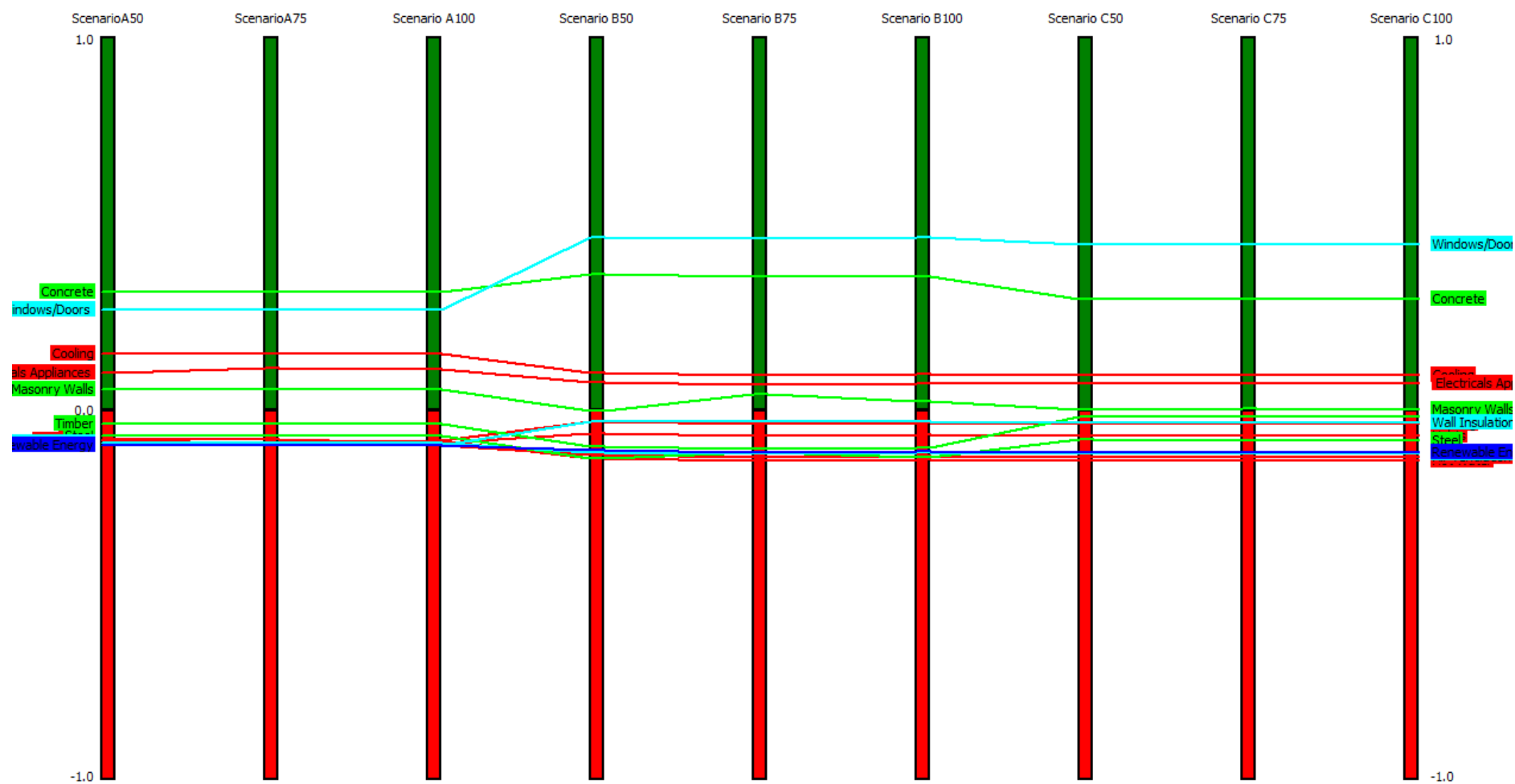
Διάγραμμα 149: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.



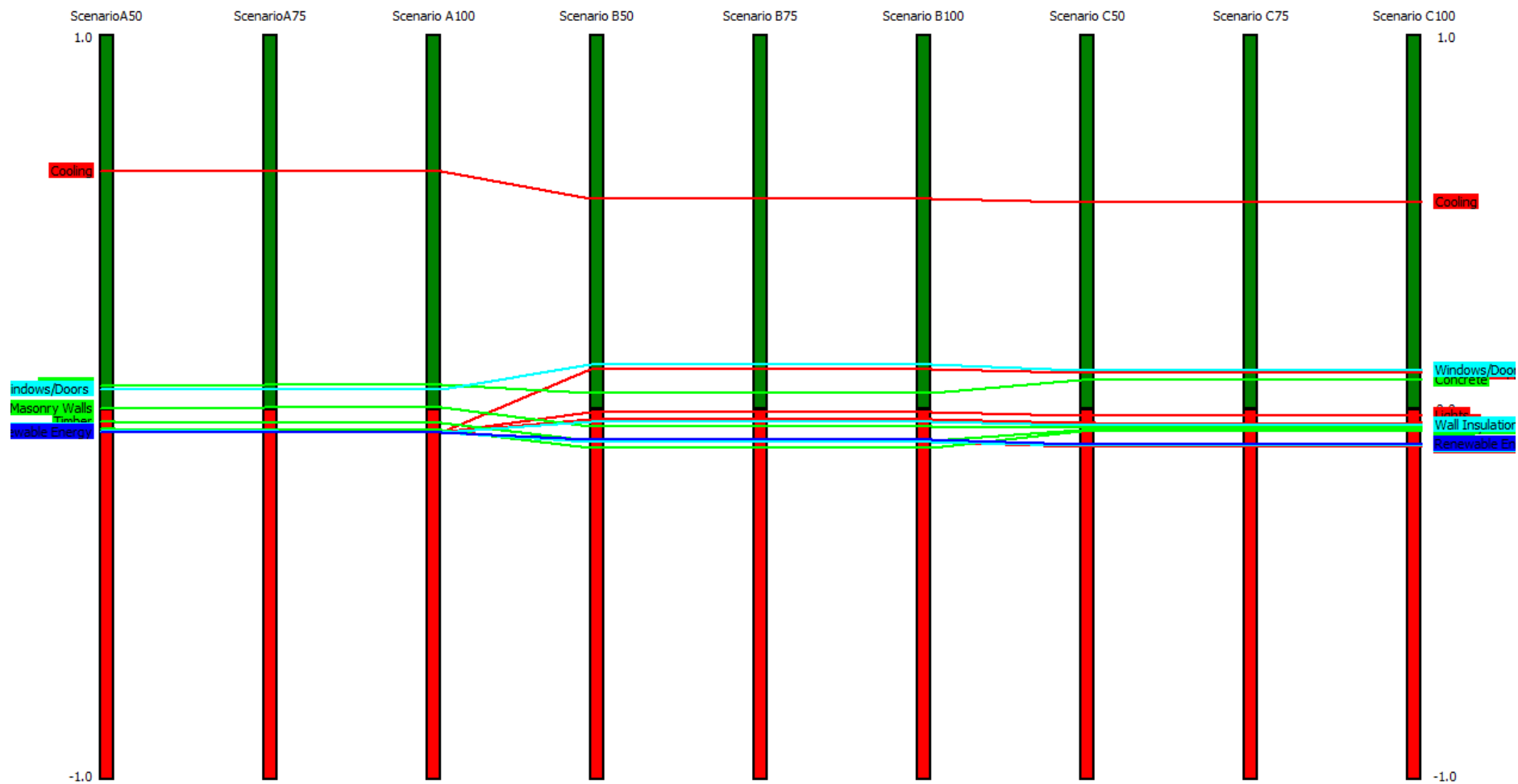
Διάγραμμα 150: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.



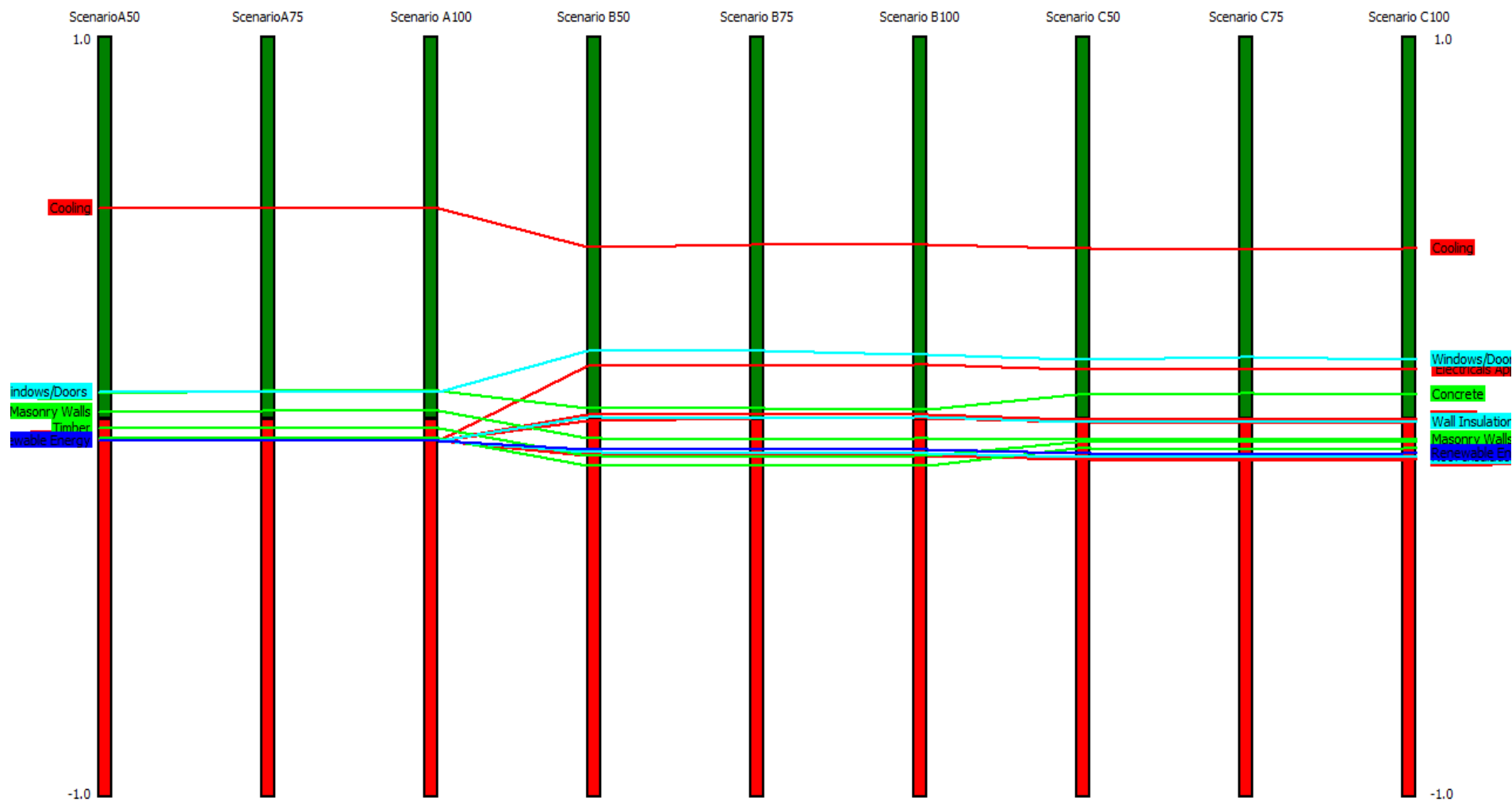
Διάγραμμα 151: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.



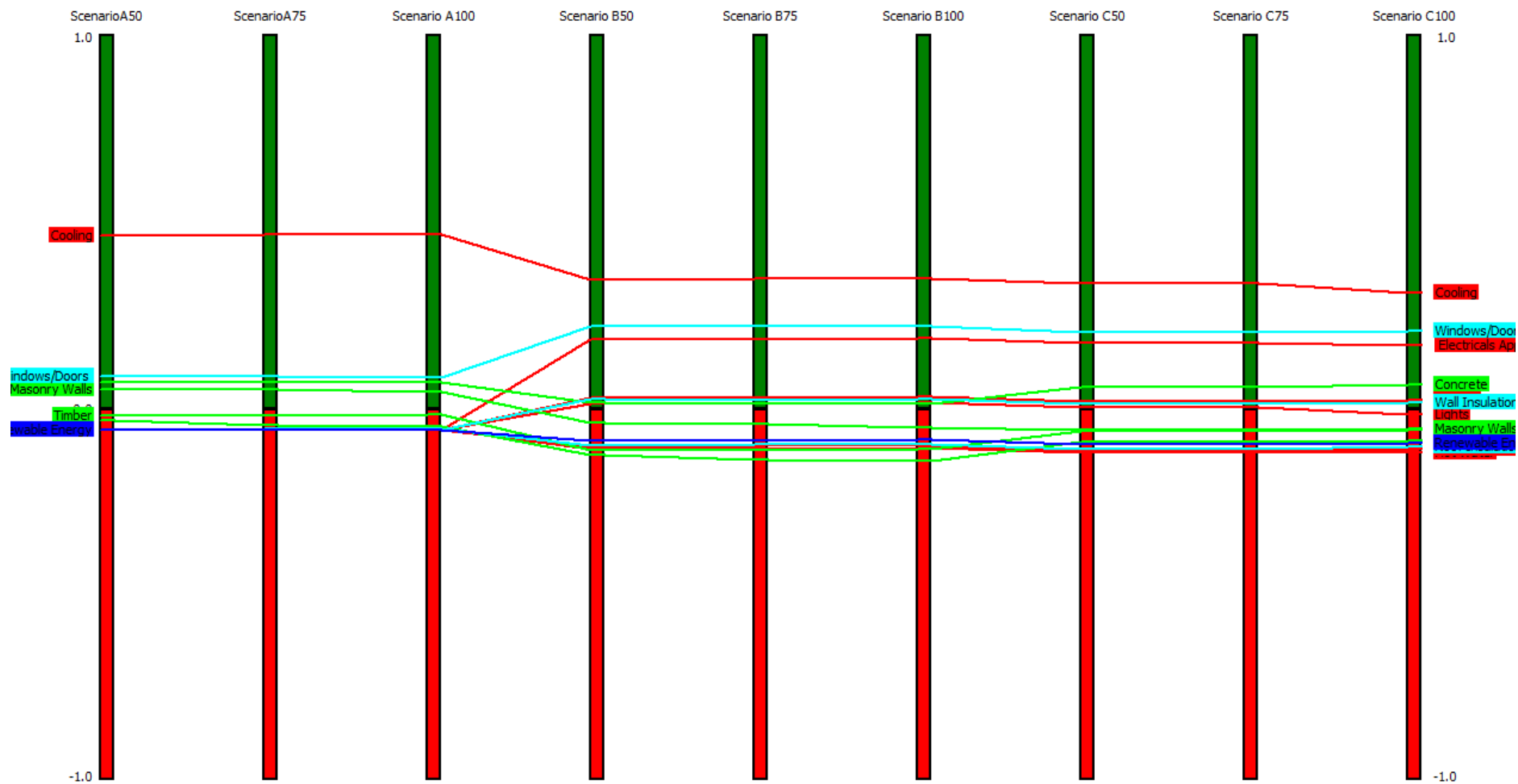
Διάγραμμα 152: Σεισμική Ζώνη 3- Κλιματική Ζώνη 1. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013



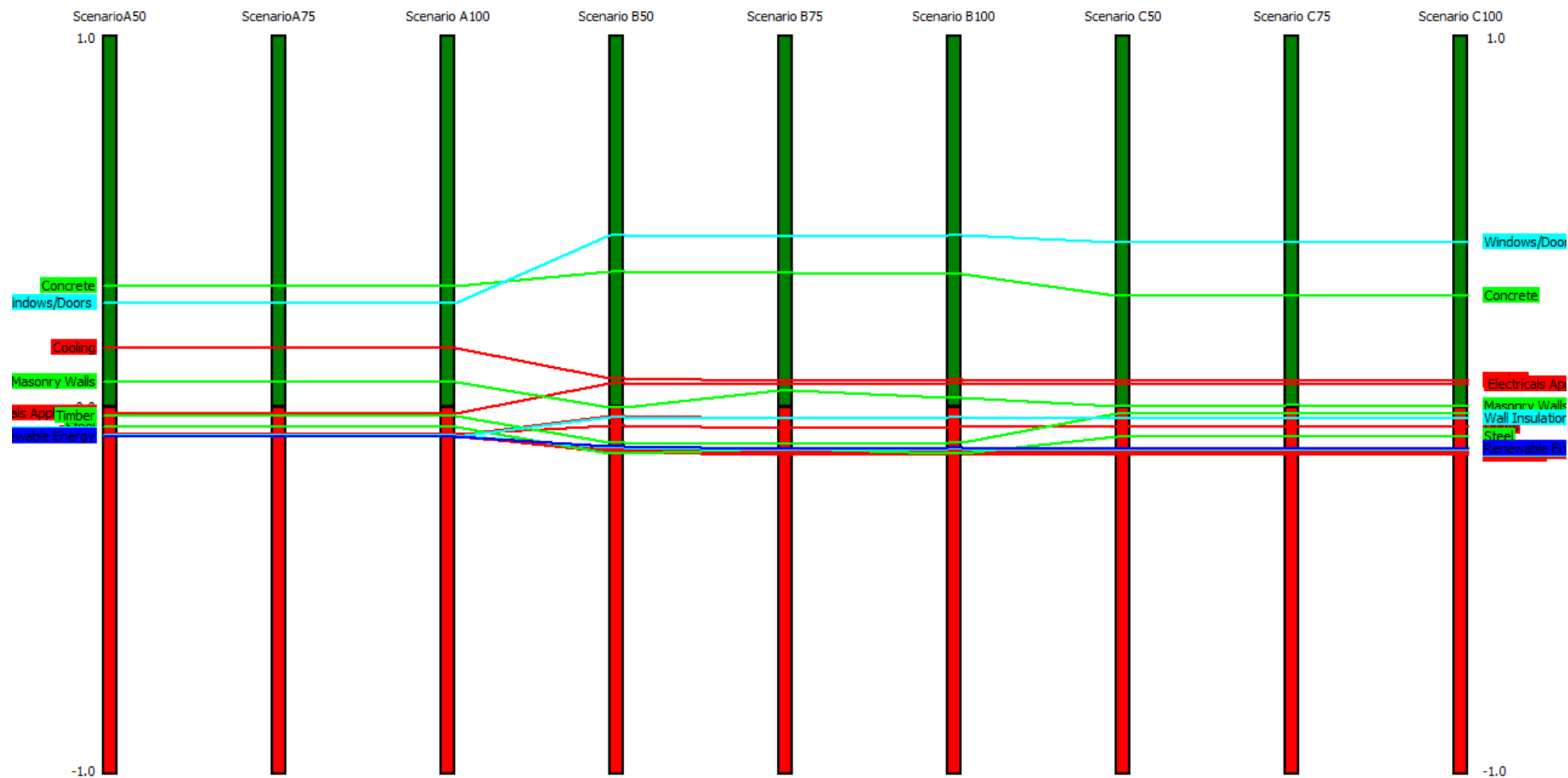
Διάγραμμα 153: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.



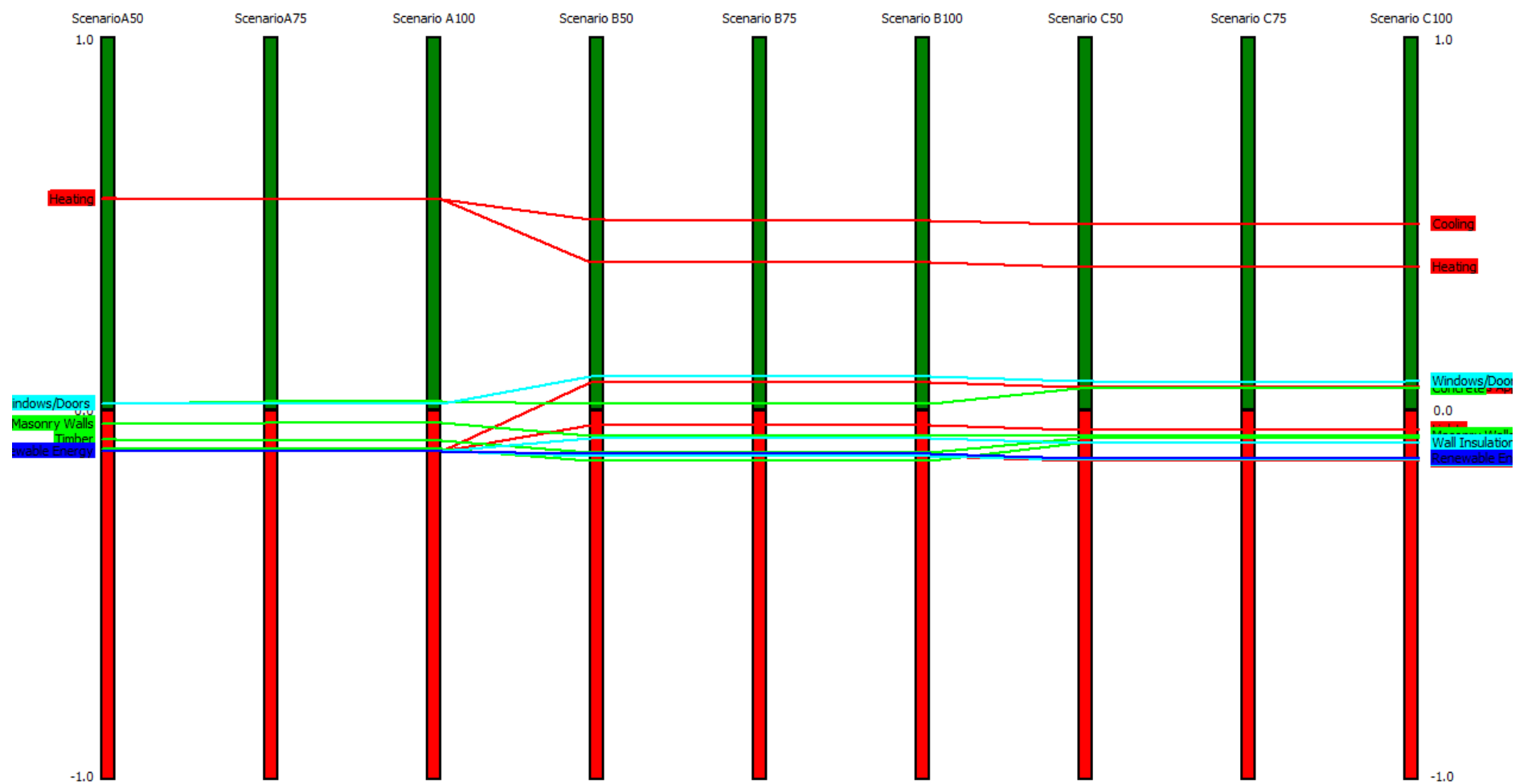
Διάγραμμα 154: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.



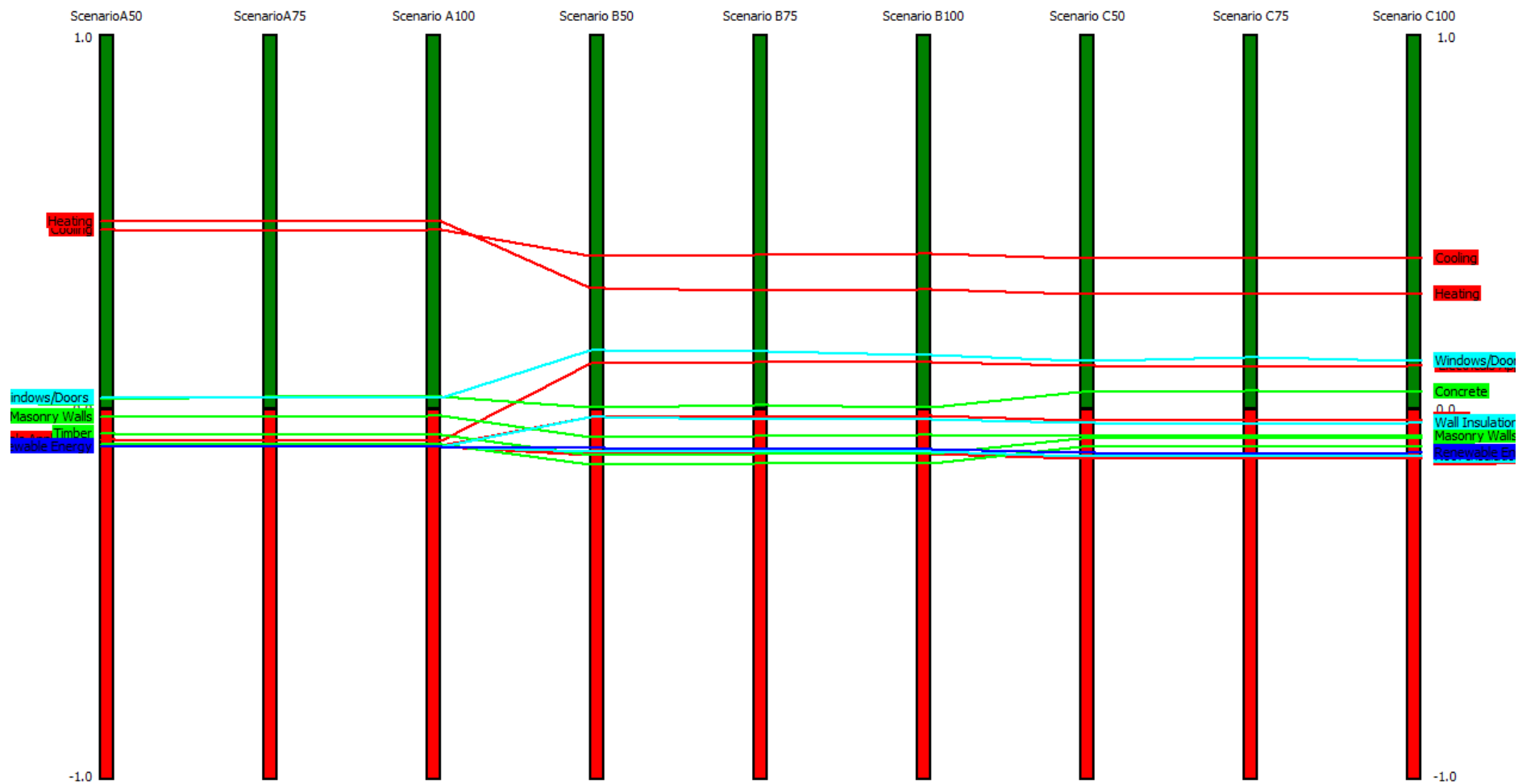
Διάγραμμα 155: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.



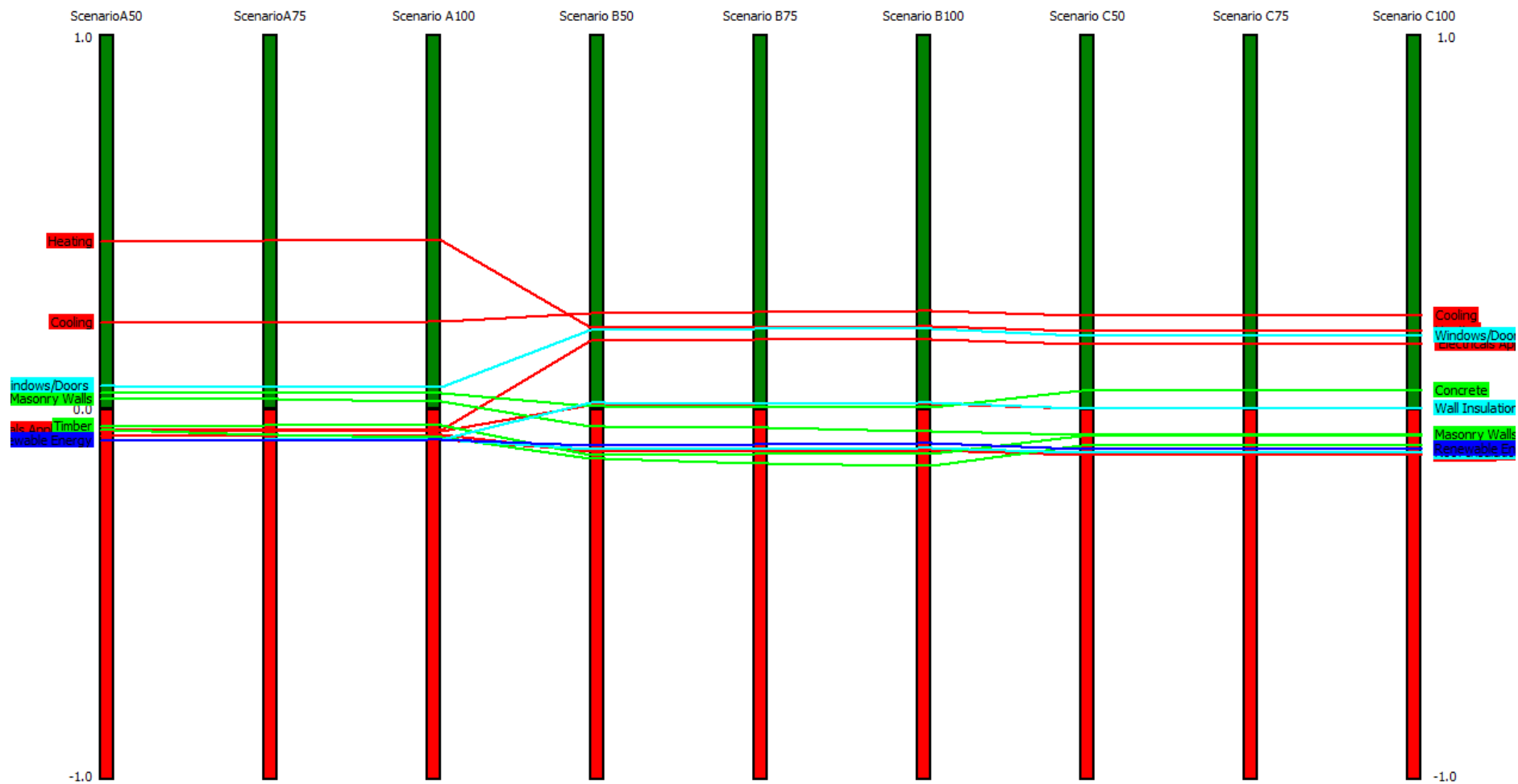
Διάγραμμα 156: Σεισμική Ζώνη 2 Κλιματική Ζώνη 2. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.



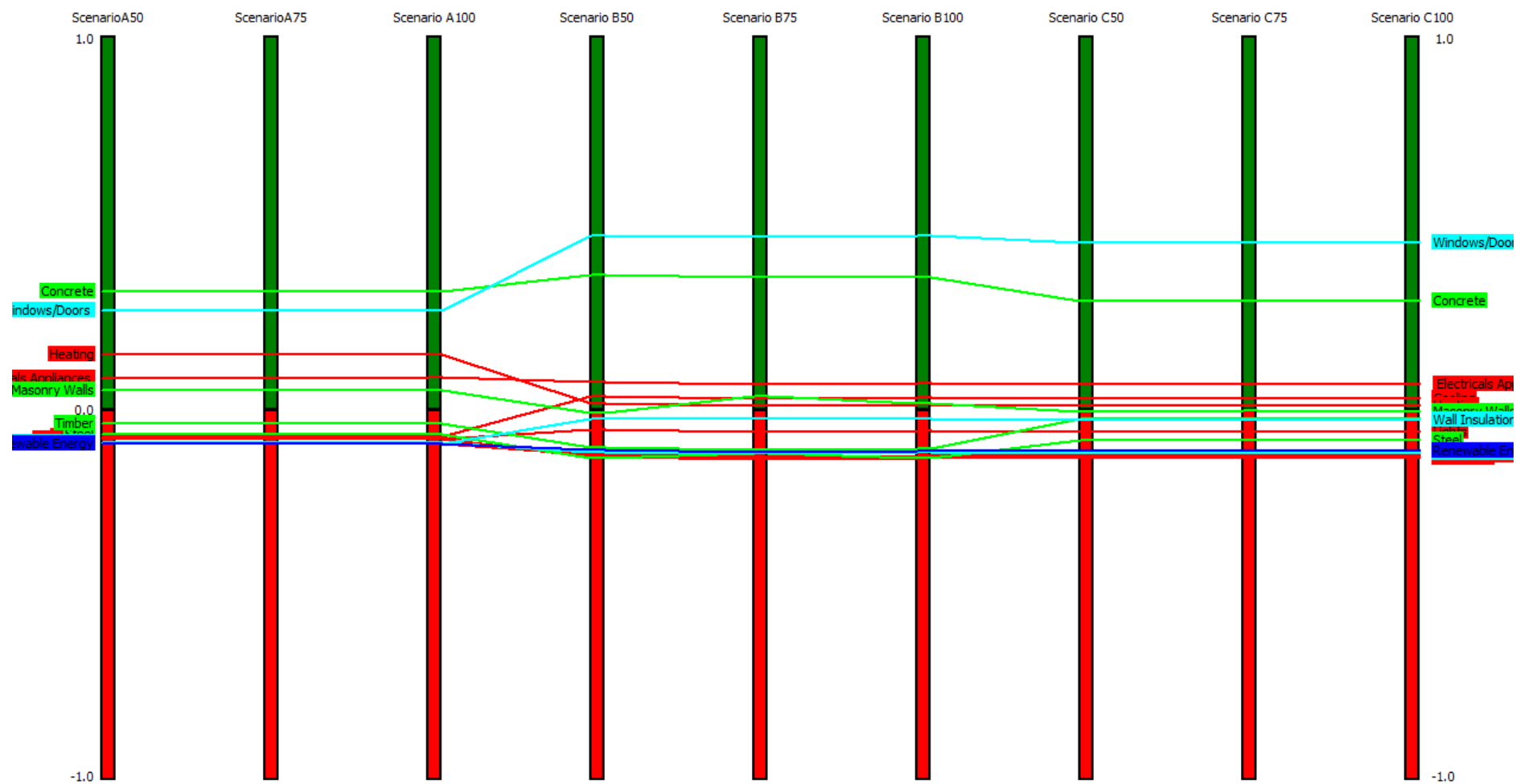
Διάγραμμα 157: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980.



Διάγραμμα 158: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994.



Διάγραμμα 159: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008.



Διάγραμμα 160: Σεισμική Ζώνη 1- Κλιματική Ζώνη 4. Κατάταξη ενεργειών για όλα τα σενάρια για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013

4 Συζήτηση και σχολιασμός των κύριων αποτελεσμάτων του μοντέλου αξιολόγησης

Η προτεινόμενη μεθοδολογία εξέτασης επεμβάσεων ταυτόχρονης ενεργειακής και αντισεισμικής αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου, εξέτασε κτίριο κατασκευάστηκε τα έτη 1980, 1994, 2008 και 2013 σε διαφορετικές κλιματικές και σεισμικές ζώνες με βάσει τους ισχύοντες κατά την εξεταζόμενη χρονολογία νόμους και κανονισμούς της Κυπριακής Δημοκρατίας. Για το υπό μελέτη κτίριο για τα έτη 1980, 1994 και 2008, ανεξάρτητα από τη χρονολογία κατασκευής, της κλιματικής και της σεισμικής ζώνης για την κάθε περιοχή, εντοπίστηκε ότι ο βέλτιστος συνασπισμός επέμβασης είναι ο Γ, δηλαδή η επέμβαση αναβάθμισης με την ταυτόχρονη ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση. Έπειτα ακολουθεί ο συνασπισμός Β ως ενδιάμεση επιλογή αναβάθμισης, και ο συνασπισμός Α να είναι στην δυσμενέστερη θέση. Ωστόσο, είναι φανερό ότι για το κτίριο το οποίο κτίστηκε το 2013, ο συνασπισμός Β είναι σε πλεονεκτικότερη θέση από τους άλλους δυο συνασπισμούς.

Επιπρόσθετα από τα αποτελέσματα του μοντέλου αξιολόγησης με βάση την μεθοδολογία, εξετάστηκε ο βαθμός επιρροής των ενεργειών για κάθε σενάριο, για όλους τους αναφερόμενους αρχικούς προσδόκιμους χρόνους ζωής της κατασκευής. Ο βαθμός επιρροής της κάθε ενέργειας αποτυπώθηκε στα διαγράμματα 149 μέχρι 160. Με βάση τα διαγράμματα είναι σημαντικό να αναφέρουμε η ενσωματωμένη ενέργεια του σκυροδέματος είναι μια από τις επικρατέστερες ενέργειες που χρήζουν βελτίωση. Παρόλο που για την αναβάθμιση της φέρουσας ικανότητας του συγκεκριμένου τύπου κτιρίου χρησιμοποιήθηκε σύστημα το οποίο περιόρισε τον όγκο σκυροδέματος που ήταν απαιτούμενος για την αντισεισμική αναβάθμιση του κτιρίου. Το σύστημα περιγράφεται αναλυτικά στο Παράρτημά Ι και το συγκεκριμένο σύστημα αντισεισμικής/στατικής αναβάθμισης, είχε ως αποτέλεσμα να περιορίσει τον τελικό όγκο του σκυροδέματος, και σε συνέχεια το αποτύπωμα της ενσωματωμένης ενέργειας για το σκυρόδεμα. Ακόμα και με αυτό το σύστημα η ενσωματωμένη ενέργεια του σκυροδέματος ήταν από τις επικρατέστερες ενέργειες.

Αναλυτικότερα, στο παράδειγμα μελέτης και για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε σε διαφορετικές χρονολογίες (1980, 1994, 2008), εμφανίζεται ότι για το συνασπισμό Α η ενέργεια της ψύξης (Α1) είναι η επικρατέστερη ενέργεια επιρροής και ακολουθεί στην

δεύτερη επικρατέστερη θέση η ενέργεια του σκυροδέματος, με τρίτη την ενέργεια των ανοιγμάτων. Όσο αφορά τους συνασπισμούς Β και Γ, πάλι επικρατεί η ενέργεια της ψύξης, δεύτερη είναι η ενέργεια των ανοιγμάτων, τρίτη είναι η ενέργεια των ηλεκτρικών συσκευών και τέταρτη η ενέργεια του σκυροδέματος. Για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013 και για το συνασπισμό Α, η ενέργεια του σκυροδέματος εμφανίζεται ως επικρατέστερη της ενέργεια της ψύξης με δεύτερη να είναι η ενέργεια των ανοιγμάτων και τρίτη να είναι η ενέργεια της ψύξης. Για το κτίριο του 2013 και για τους Συνασπισμούς Β και Γ όμως, η επικρατέστερη ενέργεια είναι αυτή των ανοιγμάτων με δεύτερη την ενέργεια του σκυροδέματος και τρίτη την ενέργεια της ψύξης. Αυτό υποδεικνύει ότι για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013, ο τομέας βελτίωσης για το περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα είναι η ενέργεια των ανοιγμάτων και ακολουθεί η ενέργεια του σκυροδέματος όσο αφορά την ενσωματωμένη ενέργεια του κτιρίου. Επομένως ζητούμενη πράξη είναι η βελτίωση των αναφερόμενων ενεργειών. Αυτό μπορεί να επέλθει από την εξεύρεσή συστημάτων οικονομικότερου και περιβαλλοντικά μικρότερου αποτυπώματος από τα είδη εξεταζόμενα. Μερικές εισηγήσεις που θα μπορούσαν να συμβάλουν σε αυτό είναι η εξής:

- για την ενέργεια του σκυροδέματος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα τεχνολογίας με δυνατότητα απορρόφησης CO₂ κατά την διάρκεια ζωής του στο κτίριο.
- για την ενέργεια των ανοιγμάτων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί υλικό του προφίλ του συστήματος με μικρότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό αποτύπωμα έναντι του αλουμινίου και του PVC. Για το κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980 θα μπορούσε να παραμείνει το ξύλινο προφίλ των ανοιγμάτων με την ανάλογη συντήρηση και να συνυπολογιστεί η εξοικονόμηση στο συνολικό αποτύπωμα. Ενδεχομένως να εξεταζόταν η παραγωγή συστήματος προφίλ ανοιγμάτων από υλικά τα οποία να έχουν μικρότερο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος από αυτά που έχουν τα αλουμίνια και τα PVC.
- για την ενέργεια της ψύξης/θέρμανσης θα ήταν το σύστημα της ηλιακής ψύξης/θέρμανση το οποίο θα μείωνε τις ανάγκες ψύξης/θέρμανσης των κτιρίων.

Από τις αναλύσεις των αποτελεσμάτων, η ενέργεια της ψύξης στην κατηγορία της ενεργειακής κατανάλωσης εμφανίζεται να υπερισχύει στο συνολικό αποτύπωμα έναντι των άλλων κατηγοριών για τα έτη 1980, 1994 και 2008.. Παρατηρήθηκε όμως ότι η

επιρροή της συγκεκριμένης ενέργειας μειώνεται, όσο μεταγενέστερα κατασκευάζεται το κτίριο. Συγκεκριμένα, η επιρροή της μικραίνει για κατασκευές του 1994 σε σύγκριση με αυτές του 1980, και ακόμα περισσότερο για κατασκευές του 2008 σε σύγκριση με αυτές του 1994, με την επιρροή της στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα να μειώνεται στο μεγαλύτερο βαθμό για το έτος 2013. Να σημειωθεί όμως ότι η μείωση αυτή δεν αφορά στο οικονομικό αποτύπωμα της. Ο λόγος είναι ότι παρόλο που τα αναβαθμισμένα συστήματα ψύξης που υπάρχουν στην αγορά έχουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά τη λειτουργία τους λόγω της βελτιωμένης ενεργειακής τους απόδοσης, το κόστος αγοράς τους είναι αρκετά ψηλό. Εδώ είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι το κάθε κράτος θα μπορούσε να επιχορηγήσει οικονομικά την αγορά συστημάτων ψύξης/θέρμανσης, με βελτιωμένες ενεργειακές αποδόσεις, εφόσον και η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων, θα προσφέρει βραχυπρόθεσμα μειωμένη ζήτηση ενέργειας, αλλά και μακροπρόθεσμα θα επιφέρει μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Συνοψίζοντας από την αναφερόμενη μελέτη κτιρίου που μελετήθηκε διαπιστώθηκαν τα πιο κάτω συμπεράσματα τα οποία είναι:

- Για ένα υφιστάμενο κτίριο η επιλογή να παραμείνει στην αρχική του κατάσταση χωρίς καμία επέμβαση αναβάθμισης δεν είναι η ευμενέστερη επιλογή. Επομένως η ανάγκη της αξιολόγησης του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος και του σχεδιασμού αναβάθμισης των εν λόγω κτιρίων είναι άμεσα αναγκαία.
- Υπάρχει άμεση προτεραιότητα αναβάθμισης των κτιρίων με την μεγαλύτερη υφιστάμενη ηλικία. Επισημάνθηκε και στα αποτελέσματα ότι όσο πιο πριν στην διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου εφαρμόζεται η ταυτόχρονη ενεργειακή και αντισεισμική αναβάθμιση, τόσο μικρότερο είναι το οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Επομένως για το κάθε κτιριακό απόθεμα, η αναζήτηση και η κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων κτιρίων, ανάλογα με την υφιστάμενη τους ηλικία είναι άμεση.
- Τον μικρότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό δείκτη για τον συνασπισμό Α,Β και Γ τον έχει το νεότερο κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013.
- Διαπιστώθηκε ότι για τα έτη 1980, 1994 και 2008 η ενέργεια της ψύξης (Α1) είναι η επικρατέστερη ενέργεια για όλους τους συνασπισμούς και για όλες τις εξεταζόμενες κλιματικές ζώνες.

- Διαπιστώθηκε ότι για τα έτη 1980, 1994 και 2008, για το συνασπισμό Β και Γ δεύτερη επικρατέστερη ενέργεια είναι των ανοιγμάτων.
- Διαπιστώθηκε ότι για τα έτη 1980, 1994, 2008 και 2013, μέσα στις επικρατέστερες ενέργειες επιρροής είναι και οι ηλεκτρικές συσκευές επομένως η επιχορήγηση ηλεκτρικών συσκευών με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση θα ήταν ένα πολύ καλό μέτρο.
- Διαπιστώθηκε ότι η ενέργεια του σκυροδέματος είναι από τις επικρατέστερες και σε κάποια σενάρια επέμβασης είναι δεύτερη στην τάξη.
- Διαπιστώθηκε ότι με βάση τις τελικές απόφαση σε διάφορα βέλτιστα σενάρια διαφόρων τύπων κτιρίων, είναι εφικτό το μοντέλο αξιολόγησης να εξετάσει και μια μακροπρόθεσμη ενεργειακή, περιβαλλοντική, αλλά και οικονομική πολιτική, με στόχο την άμεση μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, αλλά και τη μείωση του περιβαλλοντικού και οικονομικού αποτυπώματος του κτιριακού αποθέματος των κρατών για όλους τους τύπους κτιρίων.

5 Συμπεράσματα

Είναι πλέον εμφανές το μεγάλο ενεργειακό και οικονομικό πρόβλημα της Ευρώπης και η ανάγκη μιας ορθολογιστικής αντιμετώπισης των επεμβάσεων στα υφιστάμενα κτίρια είναι απαραίτητη. Η ΕΕ με βάση την πρόσφατη ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής [123], έχει ως στόχο να υπερδιπλασιάσει τα ποσοστά ανακαινίσεων την επόμενη δεκαετία ώστε να διασφαλίσει ότι οι ανακαινίσεις θα οδηγήσουν σε υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και αποδοτικότερη χρήση των πόρων.

Με την προσπάθεια εφαρμογής της νέας κτιριακής πολιτικής η ΕΕ στοχεύει παράλληλα στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ενοίκων και όσων χρησιμοποιούν τα κτίρια, με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη, να τονωθεί η ψηφιοποιήσει και να ενισχυθεί η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση των υλικών. Χρονικό όριο του στόχου είναι έως το 2030, και εκτιμάται να μπορούν να ανακαινιστούν 35 εκατομμύρια κτίρια και να δημιουργηθούν έως και 160 000 επιπλέον πράσινες θέσεις εργασίας στον κατασκευαστικό τομέα. Η πολιτική βούληση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μείωση των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου κατά 80% το 2050 σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 θέτει το πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορεί να υλοποιηθεί ένα φιλόδοξο σενάριο ανακαινίσεων [147].

Αρκετοί ερευνητές σκόπευσαν στην ανακαίνιση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, και έχουν επισημάνει την ανάγκη να γίνει περισσότερη έρευνα και μελέτη για την τελική λήψη απόφασης στο συγκεκριμένο ζήτημα [124]. Από όσα μελετήθηκαν στο σύγγραμμα είναι πλέον κατανοητό ότι οι ανακαινίσεις των υφιστάμενων κτιρίων, σταδιακές ή ριζικές, μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της μείωσης του ενεργειακού κόστους και τη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου σε όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ακόμα και σε μικρά κράτη όπως είναι και η Κυπριακή Δημοκρατία [148].

Με βάση την μεθοδολογία είναι εύκολα κατανοητό ότι εάν οι ανακαινίσεις υφιστάμενων κτιρίων έχουν σκοπό μόνο την ενεργειακή αναβάθμιση ακολουθώντας αναβαθμίσεις σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία (όπως π.χ. στέγες, προσόψεις ή συστήματα θέρμανσης), χωρίς μια σφαιρική συμπερίληψη όλων των παραμέτρων, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να οδηγηθούμε σε μια αναποτελεσματική και ακραία δαπανηρή λύση. Με τη χρήση της μεθοδολογίας οι επεμβάσεις λαμβάνουν υπόψιν και άλλες σημαντικές παραμέτρους όπου κάποιες πλέον απαιτούνται και από την υφιστάμενη νομοθεσία των κρατών. Όπως

αναφερθήκαμε και στην έρευνα οι παράμετροι εκτός από την ενεργειακή αναβάθμιση είναι και η στατική/αντισεισμική αναβάθμιση όπου επηρεάζει και τον τελικό χρόνο λειτουργίας του υφιστάμενου κτιρίου και αφορά την βιωσιμότητα του κτιρίου.

Το μεγάλο πρόβλημα που μέχρι σήμερα μας απασχολεί είναι να εντοπιστεί πόσο αναποτελεσματική και ακραία δαπανηρή λύση είναι να γίνει μόνο ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενου κτιρίου χωρίς την ταυτόχρονη αντισεισμική/στατική του αναβάθμιση. Το προτεινόμενο μοντέλο αξιολόγησης είναι εφικτό να μας δώσει μέσω των προτεινόμενων δεικτών την σωστή επιλογή σεναρίου επέμβασης για κάθε υφιστάμενο κτίριο για την πιο περιβαλλοντικά και οικονομικά φιλική λύση. Με την δυνατότητα αυτή και μέσω των αποτελεσμάτων σε ομάδες κατασκευαστικά κοινού τύπου κτιρίων θα μπορεί να γίνει καθοδήγηση ακόμα και για καθορισμό πολιτικής χρηματοδότησης από το κάθε κράτος της ΕΕ που να βασίζεται στα περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια της μεθοδολογίας.

Σήμερα, είναι γεγονός ότι όσο αφορά το οικονομικό επίπεδο είναι πολύ σημαντικό να γίνετε εξοικονόμηση στο κόστος λειτουργίας από τα νοικοκυριά. Λαμβάνοντας υπόψη, για παράδειγμα, ότι τα νοικοκυριά στην Κύπρο που έχουν μέση δαπάνη ενέργειας για τη λειτουργία ενός κτιρίου το ποσόν των €1.388 ανά έτος, ενώ το μέσο οικογενειακό τους εισόδημα είναι €43.080, έχουν ετήσιο κόστος ενέργειας που αντιστοιχεί σχεδόν σε ένα μηνιαίο μισθό [148]. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να γίνει εκτίμηση και μείωση του οικονομικού αποτυπώματος της οικείας τους, εφόσον προβλέπεται στο μέλλον ότι οι δαπάνες των νοικοκυριών σε ενεργειακά προϊόντα θα αυξάνονται λόγω της αύξησης του κόστους της ενέργειας [149].

Η προσπάθεια της μελέτης είναι να προταθεί ένα μοντέλο αξιολόγησης, όπου να ακολουθείται μια μεθοδολογία προσέγγισης ανακαίνισης υφιστάμενων κτιρίων βασισμένο σε μία περιεκτική προσέγγιση και δυνατότητα ανάλυσης του κάθε τύπου επέμβασης για την οποιαδήποτε αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων, είτε ενεργειακά είτε στατικά/αντισεισμικά με στόχο να επιτύχουμε την καλύτερη βιωσιμότητα της επιλογής μας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας γίνεται με τη χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης και ως προς τα περιβαλλοντικά αλλά και ως προς τα οικονομικά χαρακτηριστικά της υφιστάμενης κατασκευής. Ακολουθώντας την μεθοδολογία γίνεται μια αξιολόγηση και ανάλυση ευαισθησίας για να καταστεί δυνατή η βελτιστοποίηση των παραμέτρων και να διαμορφωθεί η τελική πρόταση της βέλτιστης πρακτικής προσέγγισης για κάθε μελέτη

υφιστάμενου κτιρίου με στόχο τη σύγκληση με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2030, 2040 και 2050 [150].

Συνοψίζοντας η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι ανοικτή για όλες τις κατηγορίες κτιρίων και επεμβάσεων και είναι δυνατόν να υποδείξει το βέλτιστο σενάριο επέμβασης όσο αφορά είτε το σύστημα θερμομόνωσης από τις προτεινόμενες επεμβάσεις, είτε τον μηχανολογικό εξοπλισμό είτε το δομικό σύστημα του φέροντα οργανισμού του υφιστάμενου κτιρίου. Η τελική πρόταση θα προκύψει μέσω του μοντέλου αξιολόγησης της αναφερόμενης μεθοδολογίας και των προτεινόμενων τεχνογνωσιών από τον κάθε μελετητή και κατασκευαστή. Η τελική κατάταξη βασίζεται σε μια κοινή εξίσωση. Η τελική εξίσωση καθορίζει το άθροισμα των δυο επιμέρους δεικτών, οικονομικού και περιβαλλοντικού, με την δυνατότητα για τον κάθε επιμέρους δείκτη εάν είναι επιθυμητό από το κάθε κράτος να οριστεί επιπλέον συντελεστής βαρύτητας.

6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Επομένως ανασκοπώντας τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο αξιολόγησης ο στόχος της παρούσας διατριβής να ερευνήσει τη γένεση του μοντέλου αξιολόγησης για αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων με δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης αναβάθμισης ως προς προτεινόμενους δείκτες εφαρμογής και με ταυτόχρονη εξέταση ενεργειακής και αντισεισμικής αναβάθμισης έχει επιτευχθεί. Η πρωτοτυπία του προτεινόμενου μοντέλου αξιολόγησης είναι η προσέγγιση του προβλήματος σε ένα πλαίσιο που διασφαλίζει την επιλογή της βέλτιστης λύσης αναβάθμισης λαμβάνοντας υπόψη και την βιωσιμότητα της κάθε επέμβασης ως προς τον τελικό προσδόκιμο χρόνο ζωής του κτιρίου. Η μεθοδολογία είναι στα πλαίσια ευρωπαϊκών οδηγιών και ευρωπαϊκών κανονισμών με την δυνατότητα να συμμορφώνεται σε οποιαδήποτε τυχόν εξέλιξη τους.

Είναι αυτονόητο ότι στο μέλλον η τεχνολογία των υλικών θα βελτιώνεται και θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα από τις προτεινόμενες επεμβάσεις αναβάθμισης καθώς επίσης και από το προτεινόμενο μοντέλο αξιολόγησης δεδομένου ότι χρησιμοποιεί κριτήρια και ενέργειες για όλους τους τύπους υφιστάμενων κτιρίων και δομικών υλικών.

Συνοψίζοντας, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων που δίνει το μοντέλο αξιολόγησης είναι τελικά εφικτό να καταδείξει βέλτιστο συνασπισμό επέμβασης για υφιστάμενο κτίριο. Επιπλέον η ανάλυση ευαισθησίας που παρέχει το μοντέλο αξιολόγησης δίνει τη δυνατότητα για την περαιτέρω βελτιστοποίηση του κάθε σεναρίου επέμβασης για όλους τους συνασπισμούς. Ο ρόλος της ένταξης της ανάλυσης ευαισθησίας είναι καινοτόμος στο θέμα αυτό και πολύ σημαντικός ώστε να αντιστρέψει ακόμα και το τελικό αποτέλεσμα ως προς το πιο σενάριο και ποιος συνασπισμός θα είναι η βέλτιστη πρακτική ανακαίνισης για υφιστάμενο κτίριο. Με βάση την επεξήγηση των σταδίων της συγκεκριμένης μελέτης περίπτωσης έχει επιτευχθεί η εφαρμογή του μοντέλου αξιολόγησης με καθοδήγηση για τον τρόπο εξαγωγής των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Επίσης η μεθοδολογία θα μπορούσε να συνεισφέρει στον εμπλουτισμό της έκθεσης του μελετητή όπου σήμερα απαιτείται και από την νομοθεσία. Συγκεκριμένα για την Κυπριακή Δημοκρατία περιέχεται στον νόμο ‘Ο περί Ρύθμισης της Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2020 (Ν. 155(I)/2020) Ε.Ε., Παρ.Ι(Ι), Αρ.4785, 13/11/2020’ [151]. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι:

«(β) Για σκοπούς αντιμετώπισης ζητημάτων που συνδέονται με την έντονη σεισμική δραστηριότητα πριν από την ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, ο ιδιοκτήτης κτιρίου ή κτιριακής μονάδας του οποίου η άδεια οικοδομής εκδόθηκε πριν από το έτος 1994 διορίζει αδειούχο μελετητή ο οποίος ετοιμάζει έκθεση αποτίμησης του φέροντος οργανισμού, σύμφωνα με τους εν ισχύ ευρωκώδικες αναφορικά με την κατάσταση του στατικού φορέα της οικοδομής και την υπολογιζόμενη εναπομένουσα διάρκεια ζωής της, η οποία συνοδεύεται από τυχόν συστάσεις αναφορικά με τη δομοστατική ενίσχυσή της.»

Μελλοντικές εργασίες (Future Work) είναι η ψηφιοποίησι του μοντέλου αξιολόγησης στο τμήμα των στατικών/αντισεισμικών επεμβάσεων με βάσεις δεδομένων των μεθόδων επέμβασης που συνήθως χρησιμοποιούνται στις αναβαθμίσεις της φέρουσας ικανότητας των κτιρίων, ενώ στο τμήμα των ενεργειακών επεμβάσεων με βάσεις δεδομένων των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται συνήθως στις επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισής των κτιρίων.

Επιπλέον θα πρέπει να γίνουν επιπλέον διερευνήσεις λαμβάνοντας υπόψη μεγαλύτερου ύψους κτίρια και είδος ενισχύσεων για την αντισεισμική αναβάθμιση, έτσι ώστε να εξαχθούν περισσότερα συμπεράσματα από αυτά τα οποία εξάχθηκαν με βάση την μονώροφη κατασκευή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Kiehl, J. T., & Trenberth, K. E. (1997). Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(2), 197–208. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<0197:EAGMEB>2.0.CO2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0197:EAGMEB>2.0.CO2)
- [2] J. T. Kiehl and Kevin E. Trenberth National Center for Atmospheric Research,* Boulder, Colorado Climatology, E., 2002. Earth's Annual Global Energy Budget. , pp.197–208.
- [3] Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Kiehl, J. (2009). Earth's Global Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3), 311–323. <https://doi.org/10.1175/2008BAMS2634.1>
- [4] Dines, W.H. (1917), The heat balance of the atmosphere. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 43: 151-158. <https://doi.org/10.1002/qj.49704318203>
- [5] Hunt, G. E., Kandel, R., and Mecherikunnel, A. T. (1986), A history of presatellite investigations of the Earth's Radiation Budget, *Rev. Geophys.*, 24(2), 351– 356, doi:10.1029/RG024i002p00351.
- [6] Zhang, Y.-C., Rossow, W. B., and Lacis, A. A. (1995), Calculation of surface and top of atmosphere radiative fluxes from physical quantities based on ISCCP data sets: 1. Method and sensitivity to input data uncertainties, *J. Geophys. Res.*, 100(D1), 1149–1165, doi:10.1029/94JD02747.
- [7] Wielicki, B. a. (1996). Clouds and the Earth radiant Energy System (CERES): An Earth observing system experiment. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77(February), 853–868. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0853:CATERE>2.0.CO2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0853:CATERE>2.0.CO2)
- [8] Wielicki, B. A., Barkstrom, B. R., Baum, B. A., Charlock, T. P., Green, R. N., Kratz, D. P., Lee Robert, B., Minnis, P., Louis Smith, G., Wong, T., Young, D. F., Cess, R. D., Coakley, J. A., Crommelynck, D. A. H., Donner, L., Kandel, R., King, M. D., Miller, A. J., Ramanathan, V., ... Welch, R. M. (1998). Clouds and the earth's radiant energy system (CERES): Algorithm overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1127–1141. <https://doi.org/10.1109/36.701020>
- [9] Fasullo, J.T. & Trenberth, K.E., 2008. The annual cycle of the energy budget. Part I: Global mean and land-ocean exchanges. *Journal of Climate*, 21(10), pp.2297–2312.

- [10] Roesch, A., Wild, M., Ohmura, A., Dutton, E. G., Long, C. N., & Zhang, T. (2011). Assessment of BSRN radiation records for the computation of monthly means. *Atmospheric Measurement Techniques*, 4(2), 339–354. <https://doi.org/10.5194/amt-4-339-2011>
- [11] Mlynczak, M. G., Hunt, L. A., Russell, J. M., Marshall, B. T., Mertens, C. J., & Thompson, R. E. (2016). The global infrared energy budget of the thermosphere from 1947 to 2016 and implications for solar variability. *Geophysical Research Letters*, 43(23), 11,934–11,940. <https://doi.org/10.1002/2016GL070965>
- [12] Commission, E., & Document, C. (2009). DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009. *Official Journal Of The European Union*, 16–62.
- [13] European Commission, Eurostat, Europe 2020 indicators, Statistics illustrated, Europe 2020 strategy headline indicators, EU28, [<http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/europe-2020-strategy>, 16/01/2017]
- [14] Department of Environment, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, June 2013, National Projections of Green Gases Emissions.
- [15] Kelly, M. J. (2009). Retrofitting the existing UK building stock. *Building Research & Information*, 37(March 2015), 196–200. <https://doi.org/10.1080/09613210802645924>
- [16] Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3), 1298–1314. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.11.001>
- [17] Commission, E. & Document, C., 2002. DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal Of The European Union*, pp.65–71.
- [18] Commission, E., & Document, C. (2010). DIRECTIVE 2010/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy

and other resources by energy-related products. Official Journal Of The European Union, 4, 1–12.

[19] Commission, E. & Document, C., 2010. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal Of The European Union, 53(ISSN: 1725-2555), pp.13–35.

[20] Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. Energy and Buildings, 40(3), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

[21] Marszal, a. J. et al., 2011. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. Energy and Buildings, 43(4), pp.971–979.

[22] TheBOLIG+ project, <https://www.realdaniabygbyg.org/projects/bolig> (accessed 23.03.2018).

[23] International Energy Agency (IEA) Net Zero Energy Buildings Database, SHC Home, ECBCS Home Task, Annex Home, Case Studies Home. [<http://www.ecbcs.org/annexes/annex52.htm>, 29/11/2013][24] Adalberth, K. (2009). Villa Åkarp – A Positive Net Energy House in Malmö, Sweden. 3–9.

[25] Noguchi, M., Athienitis, A. K., Delisle, V., Ayoub, J., & Berneche, B. (2008). Net Zero Energy Homes of the Future: A Case Study of the ÉcoTerra House in Canada. Renewable Energy, Fig 1, 877–882.

[26] Homes, A., Alouettes, D., & Je, Q. C. (2009). Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol. I – Vol. V). Proceedings of ISES World Congress 2007 (Vol. I – Vol. V), January. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75997-3>

[27] ActiveHouse. Info, Network and knowledge sharing, The Active House - Eco-Energy Retrofit. [<http://www.activehouse.info/cases/eco-energy-retrofit>, 29/11/2013]

[28] Heinze, M., & Voss, K. (2009). Goal: Zero energy building: Exemplary experience based on the solar estate solarsiedlung freiburg am schlierberg, Germany. Journal of Green Building, 4(4), 93–100. <https://doi.org/10.3992/jgb.4.4.93>

[29] Musall, E. et al. (2016) ‘Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects’, pp. 1–9. doi: 10.18086/eurosun.2010.06.16.

- [30] The IEA SHC Task 40/ECBCS Annex 52 ‘Towards Net Zero Energy Solar Buildings (NZEBS)’, <https://task40.iea-shc.org/> (accessed 29.11.2013).
- [31] The Strategic Research Centre on Zero Energy Buildings, <https://vbn.aau.dk/da/projects/zero-energy-building-concepts>
<http://www.zeb.aau.dk/> (accessed 29.11.2013).
- [32] The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB), <http://www.zeb.no/index.php/en/> (accessed 19.11.10).
- [33] Zero Carbon Hub, <http://www.zerocarbonhub.org/> (accessed 19.11.2022)
- [34] Commission, E., & Document, C. (2012). DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal Of The European Union, October, 1–56.
- [35] Υπηρεσία Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας, Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, Ενεργειακό ισοζύγιο 2012.
- [36] Petersdorff, C., Boermans, T. & Harnisch, J., 2006. Mitigation of CO₂ emissions from the EU-15 building stock: beyond the EU Directive on the Energy Performance of Buildings. *Environmental science and pollution research international*, 13(5), pp.350–358.
- [37] European Commission. (2021). Pathway to a Healthy Planet for All. 21.
- [38] Panagiotidou, M., & Fuller, R. J. (2013). Progress in ZEBs—A review of definitions, policies and construction activity. *Energy Policy*, 62, 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.099>
- [39] Marszal, A. & Bourrelle, J., 2010. Net Zero Energy Buildings-Calculation Methodologies versus National Building Codes. the Proceedings of ..., 2(May 2010). Available at: http://www.task41.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task40a-Net_Zero_Energy_Buildings_Calculation_Methods_and_Input_Variables.pdf.
- [40] P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, in: ACEEE Summer Stud, Pacific Grove, California, USA, 2006.

- [41] Kilkis, S., 2007. A new metric for net- zero carbon buildings. Proceedings of the Energy Sustainability Conference 2007, pp.219–224. Available at: http://www.engineeringvillage.com/blog/document.url?mid=cpx_30c2211173b2583bfM69982061377553&database=cpx.
- [42] U.S. Department of Energy. 2005. Building Technologies Program Research, Development, Regulatory and Market Introduction Plan: Planned Activities for 2006-2011. www.eere.energy.gov/buildings/about/mypp.html.
- [43] U.S. Department of Energy. 2005. Buildings Energy Data Book.
- [44] Energy Information Administration. 2006. Annual Energy Outlook 2006. www.eai.doe.gov/ioaf.aeo.index.html.
- [45] ASHRAE. 2004. Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings. Atlanta: ASHRAE.
- [46] Crawley, D. B., & Systems, B. (2014). Understanding Zero-Energy Buildings. September 2006.
- [47] Mertz, G. a., Raffio, G. S., & Kissock, K. (2007). Cost Optimization of Net-Zero Energy House. ASME 2007 Energy Sustainability Conference, 477–487. <https://doi.org/10.1115/ES2007-36077>
- [48] Laustsen, J., 2008. Energy Efficiency Requirements in Building Codes , Energy Efficiency Policies for New Buildings. Buildings, (March), pp.1–85. Available at: http://www.iea.org/g8/2008/Building_Codes.pdf.
- [49] Marszal, a. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J. S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., & Napolitano, A. (2011). Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. Energy and Buildings, 43(4), 971–979. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.022>
- [50] The report of Cyprus to the EU Commission, NPNZEB_CY, 2012. COHERENO Criteria to track nZEB activities for housing renovation Version 3.5 16/09/2013 10. Available at: http://www.cohereno.eu/fileadmin/media/Dateien/Cohereno_Report_nZEB_Criteria.pdf [Accessed October 26, 2013].

- [51] Srinivasan, R. S., Braham, W. W., Campbell, D. E., & Curcija, C. D. (2012). Re(De)fining Net Zero Energy: Renewable Energy Balance in environmental building design. *Building and Environment*, 47(1), 300–315. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.010>
- [52] Vale, Brenda, and Vale, Robert. *The new autonomous house: design and planning for sustainability*. United Kingdom: N. p., 2000. Web.
- [53] ISO 14040:2006, Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=37456, [Accessed December 01, 2013].
- [54] Kohler, N., & Hassler, U. (2002). The building stock as a research object. *Building Research & Information*, 30(4), 226–236. <https://doi.org/10.1080/09613210110102238>
- [55] Kohler, N. (1999) Lebenszyklusbezogene Bewertung von Gebäuden – Methoden und Vergleiche in W. Wang (ed.): *Die ökologische Herausforderung*, Deutsches Architekturmuseum, Frankfurt.
- [56] Sartori, I. & Hestnes, a. G., 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39(3), pp.249–257. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778806001873> [Accessed December 13, 2013].
- [57] Thormark C. (2000) Inclusion of recycling in the assessment of buildings. *Proceedings for the International Symposium of Integrated Life-Cycle Design of Materials and Structures*. May 22–24, 2000, Helsinki, Finland. pp. 179–184.
- [58]. Adalberth, K. (1997). Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: Examples. *Building and Environment*, 32(4), 321–329. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(96\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(96)00069-8)
- [59] Adalbert K. Energy use in four multi-family houses during their life cycle. *International Journal of Low Energy & Sustainable Buildings*. 1999–2000; 1: (Electronical journal). Available at <http://www.ce.kth.se/bim/leas/journal.htm>.
- [60] Nielsen P., et al. Energi- og miljøanalyse af bygninger. Energy- and environmental analysis of buildings) SBI-meddelelse 108. Danish Building Research Institute, Høørsholm, Denmark, 1995. (in Danish).

- [61] Fossdal, S. Energi- og miljøregnskap for bygg. Prosjektrapport 173– 195. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, Norway, 1995.
- [62] Winter BN, Hestnes AG. Solar versus green: The analysis of a Norwegian row house. *Solar Energy* 1999;66(6):387–93.
- [63] Crowther P. Design for disassembly to recover embodied energy. The 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Melbourne–Brisbane–Cairns. September 1999.
- [64] Cole J. Life-cycle energy use in office buildings. *Building and Environment* 1996;31(4):307–17
- [65] Feist W. Life-cycle energy balances compared: Low-energy house, passive house, self-sufficient house. Proceedings of the International Symposium of CIB W67, Vienna, Austria, 1996. p. 183–190.
- [66] Thormark, C. (2000). Including recycling potential in energy use into the life-cycle of buildings. *Building Research and Information*, 28(3), 176–183. <https://doi.org/10.1080/096132100368948>
- [67] Thormark, C. (2001). Conservation of energy and natural resources by recycling building waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 33(2), 113–130. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00078-7)
- [68] Thormark, C. (2000). Environmental analysis of a building with reused building materials. *International Journal of Low Energy & Sustainable Building*, 1, 1–18. <http://lup.lub.lu.se/record/927646/file/1671772>
- [69] Thormark, C., 2002. A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment*, 37(4), pp.429–435. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132301000336>.
- [70] EN 15459:2007 Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings (Withdrawn)
- [71] Asif, M., Muneer, T. & Kelley, R., 2007. Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. *Building and Environment*, 42(3), pp.1391–1394.C.

- [72] KORONEOS et al (2007), 2007. Life Cycle Assessment of an Office Building in Greece. Sciences-New York.
- [73] Haapio, A. & Viitaniemi, P., 2008. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), pp.469–482.
- [74] Athena™, homepages of ATHENA™, 2007, [web page], <http://www.athena.smi.ca>. (accessed on 24.03.22)
- [75] ATHENA Institute Newsletter, 2003; 4 (1), [web page], <http://www.athena.smi.ca>. Assessed Jul 2006
- [76] Grace M. BREEAM — a practical method for assessing the sustainability of buildings for the new millennium. In proceedings of the Sustainable Building Conference 2000, Maastricht, the Netherlands; 2000.
- [77] BREEAM, homepages of BREEAM, 2007, [web page], <http://www.breeam.org>. (accessed on 24.03.22)
- [78] BREEAM fact file. Version 3, Feb 2007. 2007, [web page], http://www.breeam.org/filelibrary/Breeam_Fact_File_Version_3_February_2007.pdf. (accessed on 24.03.22)
- [79] LEED®, homepage of LEED®, 2007, [web page], <http://www.usgbc.org>. (accessed on 24.03.22)
- [80] LEED® for Homes. Rating system for pilot demonstration for LEED® for Homes Programme. US Green Building Council; Version 1.72; 2005 [web page], <https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=855>. (accessed on 24.03.22).
- [81] Finnveden, G. et al., 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), pp.1–21. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>.
- [82] CPM, 2007. SPINE@CPM database. Competence Center in Environmental Assessment of Product and Material Systems (CPM), Chalmers University of Technology, Göteborg. http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/AboutDatabase_1.htm
- [83] UBA, 2007. Umweltbundesamt (UBA) (German Environmental Protection Agency). PROBAS Database. <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>

- [84] JEMAI, 2007. Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI). JEMAI database. <<http://www.jemai.or.jp/>>(database available in Japanese language only).
- [85] Narita, N., Nakahara, Y., Morimoto, M., Aoki, R., Suda, S., 2004. Current LCA database development in Japan—results of the LCA project. *Int. J. LifeCycleAssess.* 9, 355–359.
- [86] NREL, 2004. National Renewable Energy Laboratory (NREL). US Life Cycle Inventory Database. NREL, Golden, CO. <<http://www.nrel.gov/lci/>>.
- [87] RMIT, 2007. Centre for Design, RMIT University. Australian LCI Database, Available at: <http://www.auslci.com/>.
- [88] Ecoinvent, 2007. Swiss Centre for Life Cycle Inventories (Ecoinvent Centre).Ecoinvent Database. Ecoinvent Centre, Dübendorf, 2004 and 2007. <<http://www.ecoinvent.org>.
- [89] European Commission, 2007a. European Commission, Directorate General Joint Research Centre (JRC), European Reference Life Cycle Database (ELCD). <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/>
- [90] Romano Elvira, Negro Paolo, T.F., 2013. Seismic performance assessment addressing sustainability and energy efficiency
- [91] Lamperti, M., Tsimplokoukou, K., Lamperti, M., & Negro, P. (2014). Building design for safety and sustainability. In JRC Scientific and Policy Reports. <https://doi.org/10.2788/338223>
- [92] Hobbs BF, Meirer PM. Multicriterion methods for resource planning: an experimental comparison. *IEEE Transactions on Power Systems* 1994.
- [93] Huang JP, Poh KL, Ang BW. Decision analysis in energy and environmental modeling. *Energy* 1995;20(9):843–55.
- [94] Lahdelma R, Salminen P, Hokkanen J. Using multicriteria methods in environmental planning and management. *Environmental Management* 2000;26(6):595–605.
- [95] Saaty TL. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill; 1980.

- [96] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- [97] Saaty TL. Decision making for leaders. Pittsburgh: RWS Publications; 1992.
- [98] Figueira, J. R. et al. (2013) ‘An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions’, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 20(1–2), pp. 61–85. doi: 10.1002/mcda.1482.
- [99] Brans, J.P., Vincke P.h., Mareschal, B. (1986): How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operations Research*, 24, pp. 228–238.
- [100] Karni R, Feigin P, Breiner A. Multicriterion issues in energy policy making. *European Journal of Operational Research* 1992;56:30–40.
- [101] Mirasgedis S, Diakoulaki D. Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems. *European Journal of Operational Research.*; 1997;102(2):364–79.
- [102] Salminen P, Hokkanen J, Lahdelma R. Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. *European Journal of Operational Research* 1998;104:485–96. S.D. Pohekar, M. Ramachandran / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 378 8 (2004) 365–381.
- [103] Rousis, K., Moustakas, K., Malamis, S., Papadopoulos, A., Loizidou, M. (2008): Multi-Criteria analysis for the determination of the best WEEE management scenario in Cyprus. *Waste Management*, 28 (10), pp. 1941-1954
- [104] Roy, B. (1985): *Methodologie multicritere d’aide la decision*. Collection Gestion, Economica, Paris.
- [105] Goicoechea, A., Hansen, D., Duckstein, L. (1982): *Introduction to multi objective analysis with engineering and business application*. Wiley & Sons, New York
- [106] Huang, C.L., Yoon K. (1981): *Multi attribute decision making: methods and applications*. Springer Verlag, New York
- [107] Zeleny, M. (1982): *Multiple criteria decision making*. McGraw-Hill, New York

- [108] Keeny, R.L., Raiffa, H. (1976): Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. Wiley & Sons, New York
- [109] Dubois, D., Prade, H. (1980): Fuzzy sets and systems, Theory and Applications
- [110] Solnes, J. (2003): Environmental quality indexing of large industrial development alternatives using AHP. Environmental Impact Assessment Review, 23, pp. 283-303
- [111] Chang, Y.H., Yeh C.H. (2001): Evaluating airline competitiveness using multi-attribute decision making. Omega, 29(5), pp. 405–15
- [112] Wang, J.-J., Jing, Y.-Y., Zhang, C.-F., & Zhao, J.-H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- [113] DOE, Buildings Energy Data Book, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, Washington, DC, USA, 2010.
- [114] NSW Australia OEH, New South Wales of the Environment, 2009, <http://www.environment.nsw.gov.au/index.htm> (accessed on 24.03.22).
- [115] International Energy Agency (IEA), Energy in Buildings and Communities Programme. Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings, (<http://www.ecbcs.org/home.htm>)
- [116] Statistical Services Republic of Cyprus (CYSTAT), (1.10.2011), Κανονικές κατοικίες που καταγράφηκαν κατά καθεστώς κατοίκησης και έτος κατασκευής (ολοκλήρωσης) της κατοικίας.
- [117] Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Οικονομικών, 2009 (τελευταία ενημέρωση 5/10/2011), Τελική κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά. [<http://www.cystat.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/77F33AB3B52C2A79C225791B002C1533?OpenDocument&sub=1&sel=1&e=&print>]
- [118] Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (AHK), Ετήσια έκθεση 2012
- [119] Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. Energy and Buildings, 55, 889–902. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>.

- [120] Barlow, S., & Fiala, D. (2007). Occupant comfort in UK offices-How adaptive comfort theories might influence future low energy office refurbishment strategies. *Energy and Buildings*, 39(7), 837–846. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.002>
- [121] Roberts, S. (2008). Altering existing buildings in the UK. *Energy Policy*, 36(12), 4482–4486. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.023>
- [122] Ruparathna, R., Hewage, K. & Sadiq, R., 2016. Improving the energy efficiency of the existing building stock: A critical review of commercial and institutional buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, pp.1032–1045. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.084>.
- [123] Autoridad Nacional del Servicio Civil. (2021). DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 0426, 2013–2015.
- [124] Asadi, E., Da Silva, M. G., Antunes, C. H., & Dias, L. (2012). Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application. *Energy and Buildings*, 44(1), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.016>
- [125] Goldsworthy, M. (2012) ‘Dynamic coupling of the transient system simulation and fire dynamics simulation programs’, *Journal of Building Performance Simulation*, 5(2), pp. 105–114. doi: 10.1080/19401493.2010.546430.
- [126] Wetter, M. (2001) ‘A Generic Optimization Program-case1.pdf’, (June).
- [127] Belleri, A., & Marini, A. (2016). Does seismic risk affect the environmental impact of existing buildings? *Energy and Buildings*, 110, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.048>
- [128] Günay, S. and Mosalam, K. M. (2013) ‘PEER performance-based earthquake engineering methodology, revisited’, *Journal of Earthquake Engineering*, 17(6), pp. 829–858. doi: 10.1080/13632469.2013.787377.
- [129] M. Sassu, F. Stochino, and F. Mistretta, Assessment method for combine structural and energy retrofitting in masonry buildings. *Buildings*, 7, 2017
- [130] Mistretta, F., Stochino, F., & Sassu, M. (2019). Structural and thermal retrofitting of masonry walls: An integrated cost-analysis approach for the Italian context. *Building and Environment*, 155(March), 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.033>

- [131] Fiore, P., & Donnarumma, G. (2019). Proposal of a multicriteria decision-making approach for the choice between refurbishing or reconstructing an existing building, (February). <https://doi.org/10.17410/tema.v4i2.196>
- [132] Mareschal, B. (2013) ‘Visual PROMETHEE manual’, pp. 1–192.
- [133] Υπουργείο Εμπορίου, Β. και Τ. (2015) ‘Μεθοδολογία Υπολογισμού Της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου.’ .2001/77/EK
- [134] Οδηγία 2003/30/ Εκ Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8 ης Μαΐου 2003 Σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης Βιοκαυσίμων Ή Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων Για Τις Μεταφορές’ (2003), (11), pp. 42–46. 2003/30/EK
- [135] CEN PG-N37
- [136] ISO 13790:2008 Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling.
- [137] Department for Communities and Local Government. (2013). A User Guide to iSBEM UK Volume - 2010 Building Regulations. 28(January), 1–260.
- [138] <https://www.bentley.com/en/products/brands/staad>, accessed 19/08/2020
- [139] Mareschal, B. and De Smet, Y. (2009) ‘Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods’, IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, (2), pp. 1646–1649. doi: 10.1109/IEEM.2009.5373124.
- [140] [https://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/1A7E240932AFE230C225_862300514436/\\$file/Price_Index_Construction_Materials-Feb21-EL-180321.pdf?OpenElement](https://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/All/1A7E240932AFE230C225_862300514436/$file/Price_Index_Construction_Materials-Feb21-EL-180321.pdf?OpenElement)
- [141] Kappos, A. J., & Dimitrakopoulos, E. G. (2008). Feasibility of pre-earthquake strengthening of buildings based on cost-benefit and life-cycle cost analysis, with the aid of fragility curves. Natural Hazards, 45(1), 33–54. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9155-9>
- [142] Φακ, Α. (2021). ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ Γραφείο Γενικού Διευθυντή. 3.
- [143] Eurocode 8 (2004) Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. CEN, Technical Committee, EN 1998-1:

2004, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium;
2004.Ευρωκώδικα CYS EN 1998 – 1

[144] Eurocode 8 (2005): Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. CEN, Technical Committee, EN 1998-3: 2005, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium; 2005.

[145]

<http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/All/C694742CF9198A2EC22583C400252>

478? OpenDocument, (accessed 10/10/2020)

[146] https://www.cea.org.cy/wp-content/uploads/2021/07/ethniko-ktiriako-apothema_cea.pdf, (accessed 10/10/2020)

[147] Communication from the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions, 8.3.2011, A roadmap for moving to a competitive low carbon economy.

[148] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΕΜΠΟΡΙΟΥ, Β.Κ.Τ., Στρατηγική για την κινητοποίηση επενδύσεων στον τομέα της ανακαίνισης κτιρίων.

[149] Στατιστική Υπηρεσία του Υπουργείου Οικονομικών, 2009 Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών

[150] Communication from the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions, 15.12.2011, Energy Roadmap 2050.

[151] Ν. 155(Ι)/2020) Ε.Ε., Παρ.Ι(Ι), Αρ.4785, 13/11/2020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Ιδιότητες υφιστάμενης ενεργειακής κατάταξης υφιστάμενου κτιρίου

The current condition of the building in terms of thermal insulation was as described in Table 2. The estimated energy consumption and energy category label of the existing structure is 1000 kWh/m²/y, and the emissions are 293.74kg CO₂/m²/y, (Figure 5).

Table 2 Existing Structure Energy Data of thermal insulation properties without energy upgrade.

External Walls	U _{value} =1.763 W/m ² k
	C _m =132 kJ/ m ² k
Internal Walls	U _{value} =2.090 W/m ² k
	C _m =61.2 kJ/ m ² k
Columns and beams	U _{value} =3.367 W/m ² k
	C _m =228 kJ/ m ² k
Roof	U _{value} =4.419 W/m ² k
	C _m =230 kJ/ m ² k
Floor	U _{value} =0.706 W/m ² k
	C _m =100 kJ/ m ² k
Windows frame	U _{value} =2.970 W/m ² k
	C _m =64 kJ/ m ² k
Glazing	U _{value} =5.00 W/m ² k
	T _{Solar} = 0.85
	L _{Solar} = 0.90
Split Unit	
Heating	SCOP=2.5
Cooling	SEER=3.4
Solar Hot Water	
Solar Panel	3m ²
Tank	150 liters

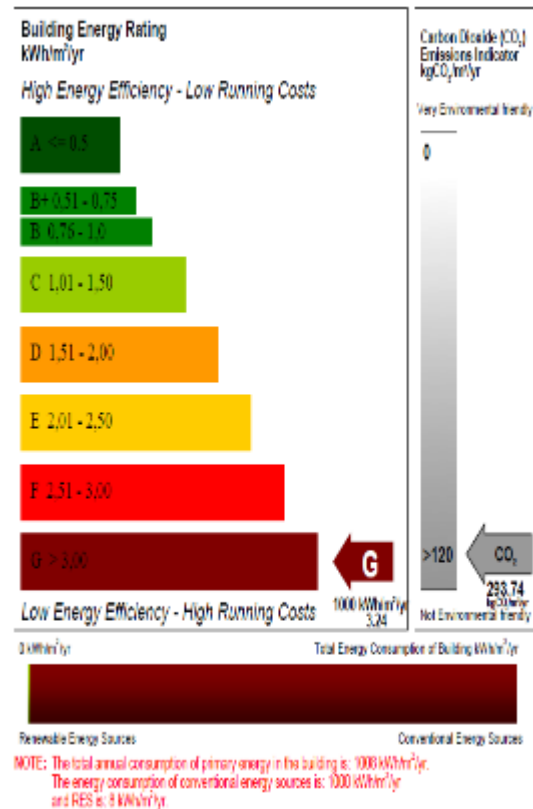


Figure 5 Energy Label without energy upgrade

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Ιδιότητες ενεργειακής κατάταξης αναβαθμισμένου υφιστάμενου κτιρίου

A sensitivity analysis for each proposed retrofit measure was calculated using the iSBEMcy software. What is calculated is the whole CO₂ footprint of the final amount of the embodied energy of the structure and the CO₂ footprint amount of the energy consumption with and without the upgrade actions. The interventions in the shell of the building concerned the followings:

- For the masonry an installation of thermal insulation with stone wool 5 cm thick outside and inside the space.
- For the roof, installation of thermal insulation with XPS polystyrene 5cm thick externally and with thermal insulation 5 cm thick stone wool inside the space.
- For the windows replacement with PVC frame and double-glazing glass.
- For the floor, installation of thermal insulation with 5cm EPS polystyrene.
- For the mechanical units, replacement with high efficiency.

Table 3 presents the thermal insulation properties of the structure after the energy upgrade, based on the nZEB EU definition and the nZEB specified limits implemented by the Republic of Cyprus (limits presented in Table 5).

Table 3: Upgrade Structure Energy Data of thermal insulation properties with energy upgrade.

External Walls	$U_{value}=0.316 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=54.8 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Internal Walls	$U_{value}=2.090 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=61.2 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Columns and beams	$U_{value}=0.324 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=54.8 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Roof	$U_{value}=0.3 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=10.8 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Floor	$U_{value}=0.323 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=100 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Windows frame	$U_{value}=1.3 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$C_m=64 \text{ kJ/ m}^2\text{k}$
Glazing	$U_{value}=1.28 \text{ W/m}^2\text{k}$
	$T_{solar}=0.63$
	$L_{solar}=0.80$
Split Unit	
Cooling	SEER=9.2
Split Unit 2	
Cooling	SEER=6.5
Solar Hot Water	
Solar Panel	4m ²
Tank	250 liter
Heat Pump	
Heating	SCOP = 4.60
Heat Recovery	1000m ³ /h A class

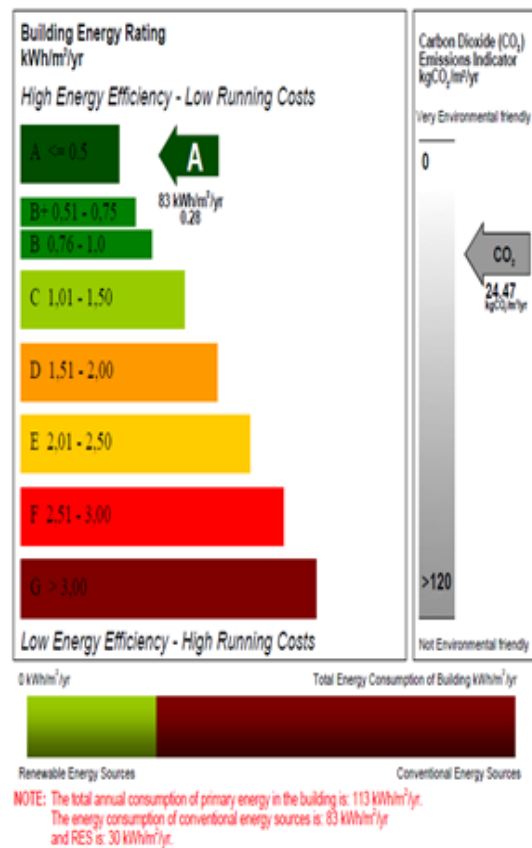


Figure 10: Energy Label with Energy Upgrade

Table 4: Limits of Nearly Zero Energy Building properties designated by Republic of Cyprus

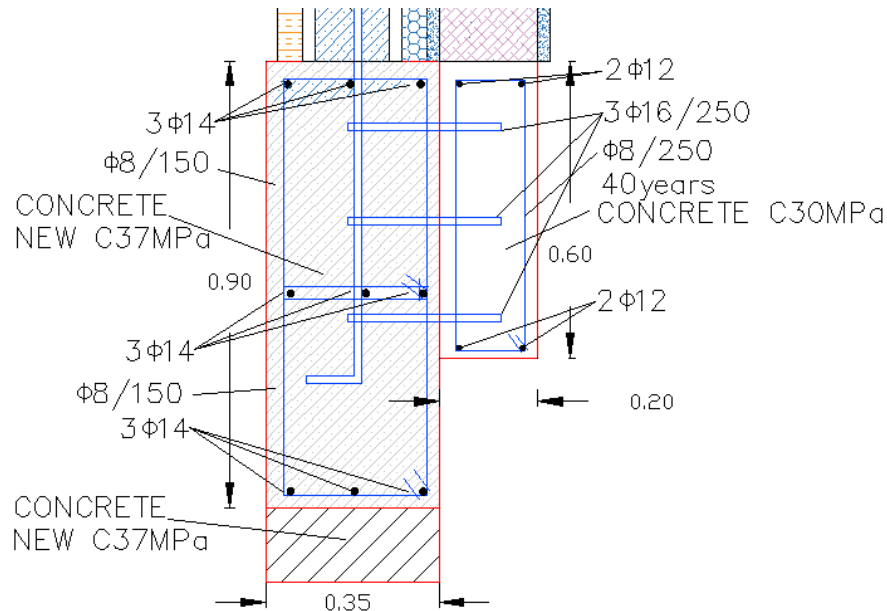
Energy Label	A
Maximum energy consumption	100 kWh/m ² /y
Maximum energy consumption for heating	15 kWh/m ² /y
Minimum percentage covered by renewable energy sources	25%
Maximum U _{wall}	U _{value} = 0.4 W/m ² k
Maximum U _{windows}	U _{value} = 2.25 W/m ² k
Maximum U _{roof}	U _{value} = 0.4 W/m ² k

Retrofit insulation levels were designed to transform the existing building to a nearly zero energy building. The retrofit model evolved to include a combination of passive house and green life cycle principles. The green life cycle standard was adopted in order to achieve a comprehensive retrofit, covering issues such as energy consumption and embodied energy of the materials. In order for a building to be qualified as nZEB, it must comply with the administrative regulatory practices of the Republic of Cyprus, KΔΠ 432/2013 [31] and KΔΠ 366/2014 [31]. After the upgrade actions, the estimated energy consumption of the house and the energy label of the energy upgrade condition is 83 kWh/m²/y and the CO₂ emissions are 24,47kg CO₂/m²/y, (Figure 10). In the calculations shown below for the energy upgrade actions, a photovoltaic system with output a 1 kW and area of 4m² is also included.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

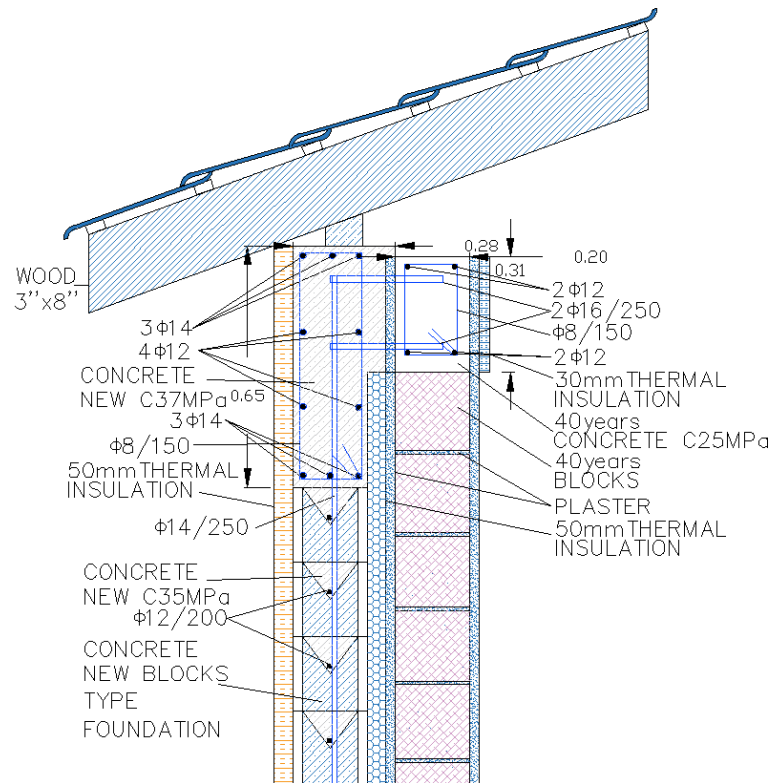
Σύστημα αντισεισμικής αναβάθμισης υφιστάμενου κτιρίου

The degree of intervention for the existing building mainly intended not only to restore the original life expectancy of the construction to 50 years, but also to simultaneously upgrade the existing seismic capacity. The fact that the seismic resistance upgrade was based on the EC-8 provisions and the selection of “Limit State of Damage Limitation”, ensures a longer life expectancy of operation/use of the structure. The upgrade of the existing building was archived through interventions in the foundation, the superstructure, and the wooden roof system.



For the foundation, a new R/C grade-beam was constructed along the perimeter with dimensions 35cm x 110cm and double zone reinforcement. The characteristic compressive strength of the concrete used was 35 MPa. The new foundation beam was anchored to the existing beam and at the top level of the beams, a new ground slab (floor) was constructed with reinforcement mesh #Y12/200, acting also as a floor diaphragm.

The exterior masonry-infill walls of the superstructure (shell) were replaced by new type of concrete masonry units of higher compressive strength and durability. Specifically, the superstructure's structural system consists of load-bearing reinforced masonry, which is supported on the new peripheral foundation beam and was constructed without demolishing the old masonry.

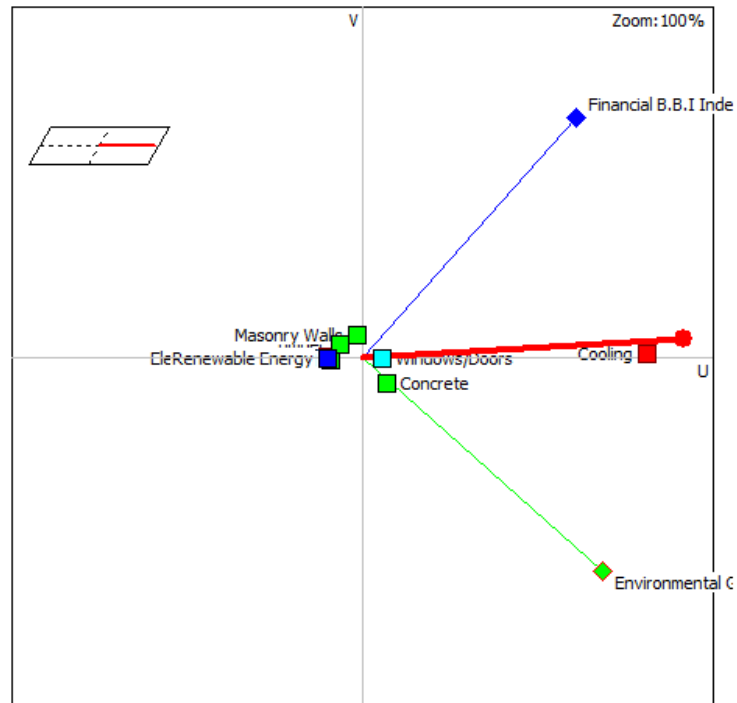


The new concrete blocks are made of concrete with characteristic compressive strength of 35MPa, while the overall compressive strength of the concrete blocks is 7.5 MPa. Both vertical and horizontal reinforcement is embedded in the masonry. The diameter of the vertical bars is Y14, with a spacing of 250mm and the diameter of the horizontal steel bars is Y12, placed every 200mm. The structural system of the roof was maintained the same, but the existing 2" x 6" main timber beams (rafters) were replaced with new of larger cross-section dimensions, i.e., 3" x 8". The upgraded structure was analyzed, and its load-bearing capacity was found to be at a sufficient level. Specifically, the analysis indicates that the new structure in almost all parts is no-longer in marginal conditions, i.e., the compressive stress of the concrete blocks has values between 0.1 MPa- 0.3MPa.

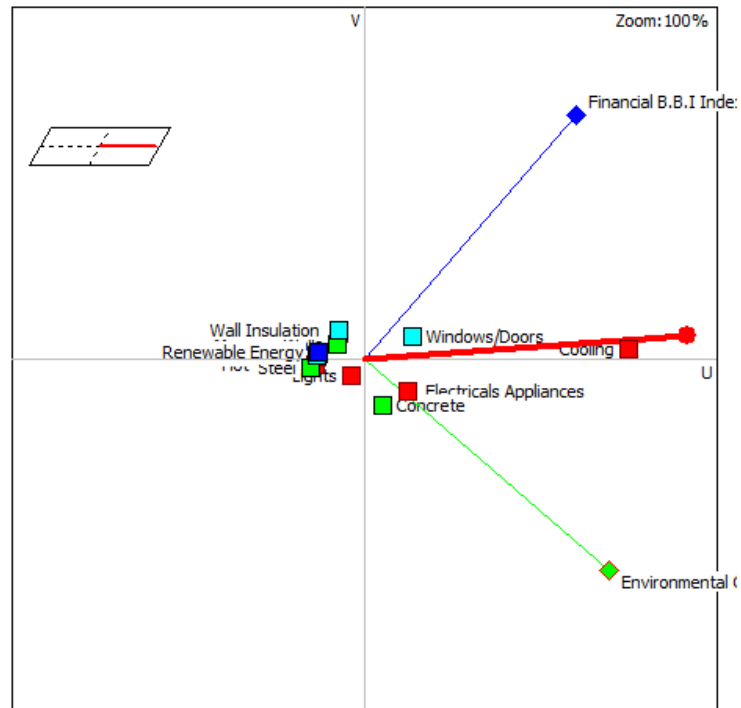
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Διαγράμματα βαθμού επηρεασμού των ενεργειών επιρροής

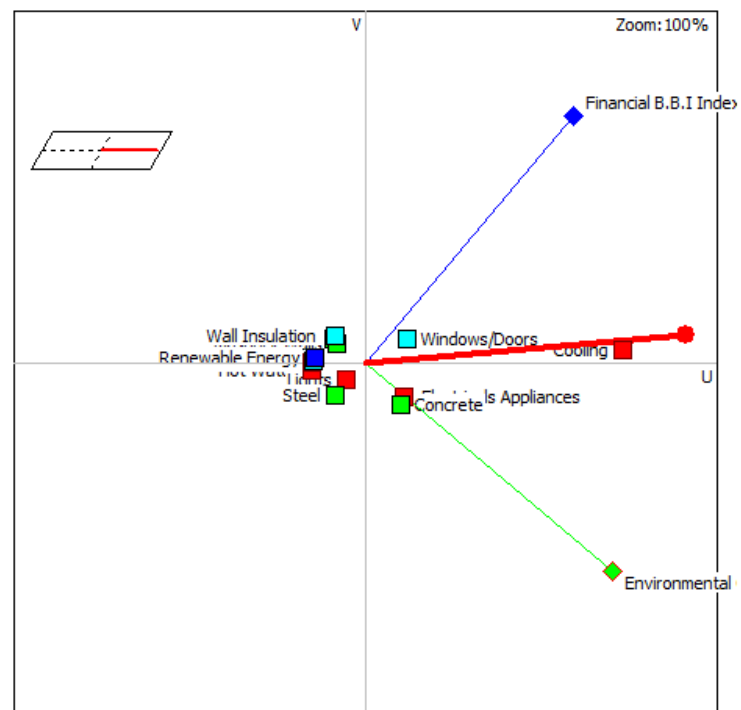
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης A₅₀.



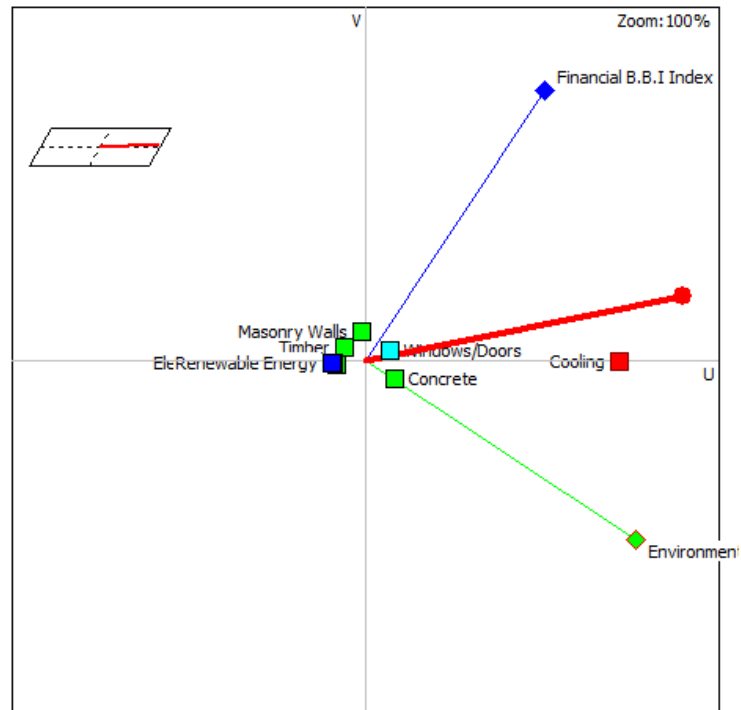
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης B₅₀



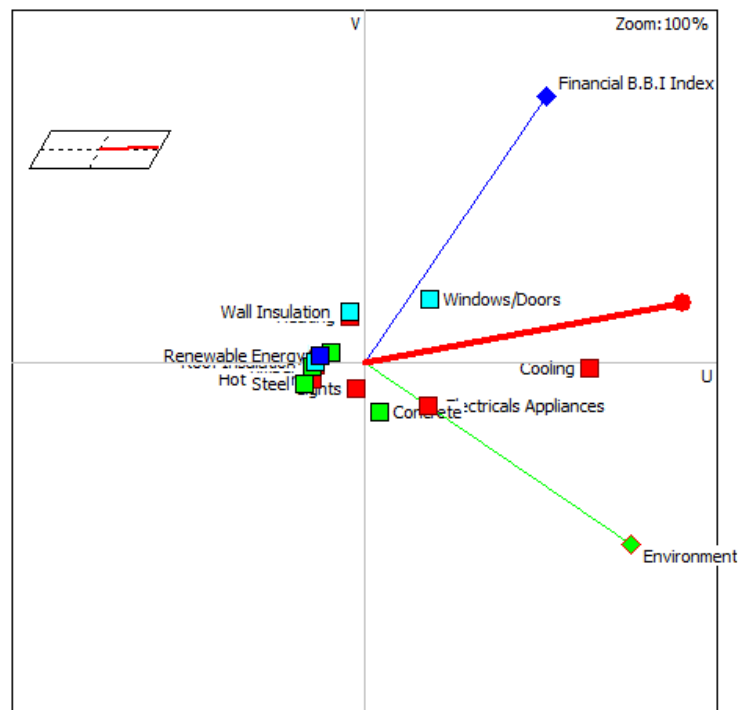
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης Γ_{50}



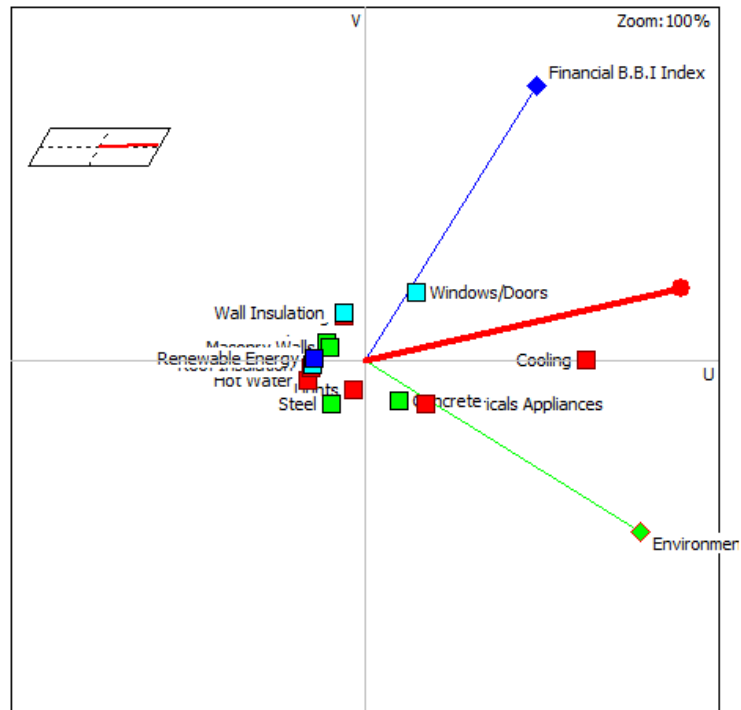
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης A₅₀



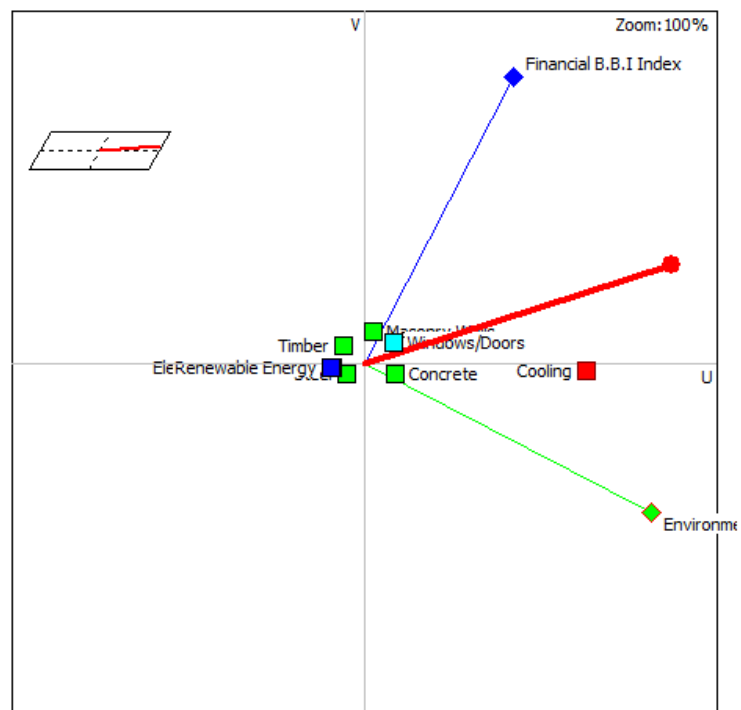
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης B₅₀



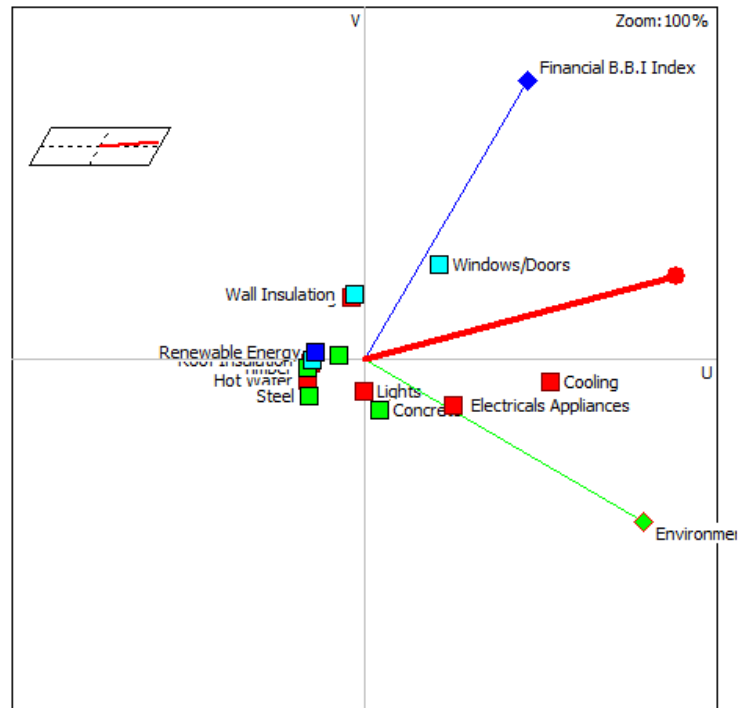
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης Γ₅₀



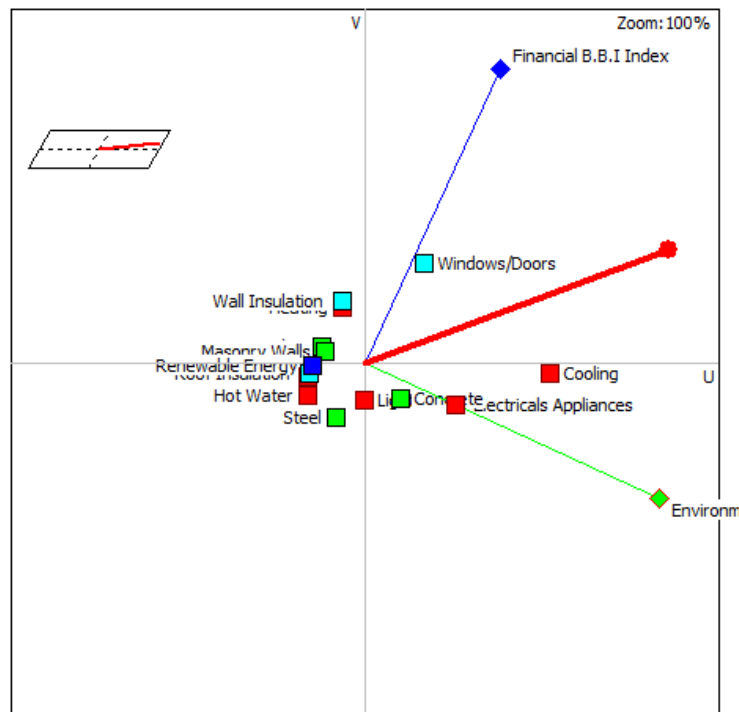
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης A₅₀



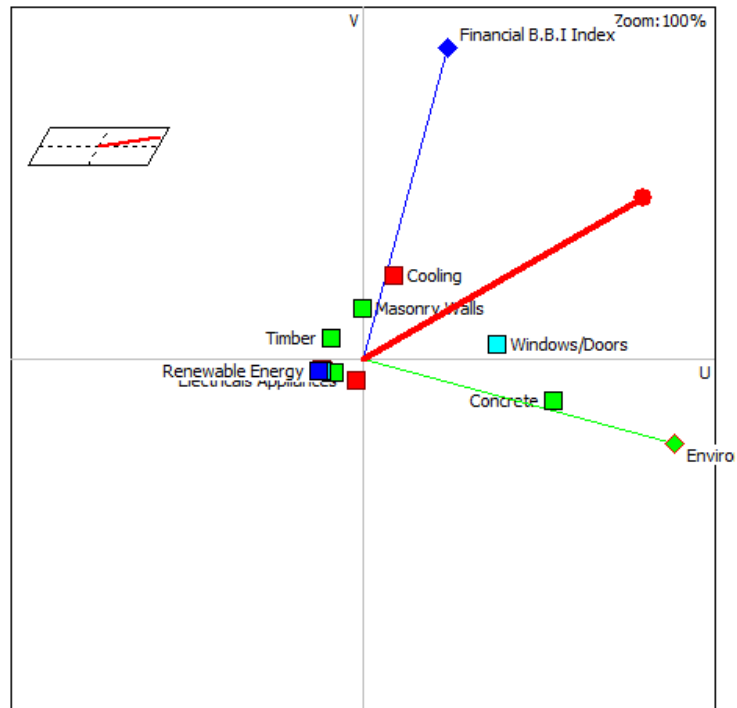
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης B₅₀



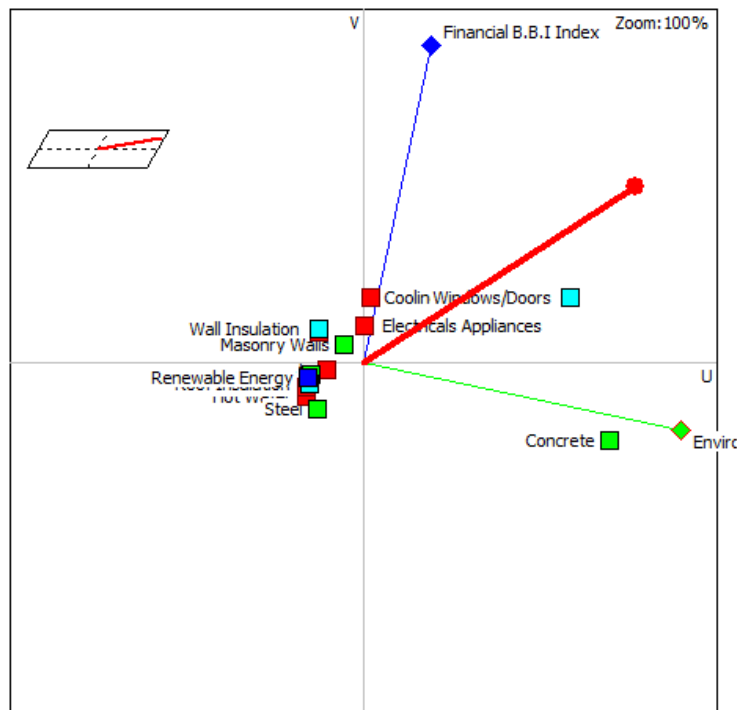
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης Γ_{50}



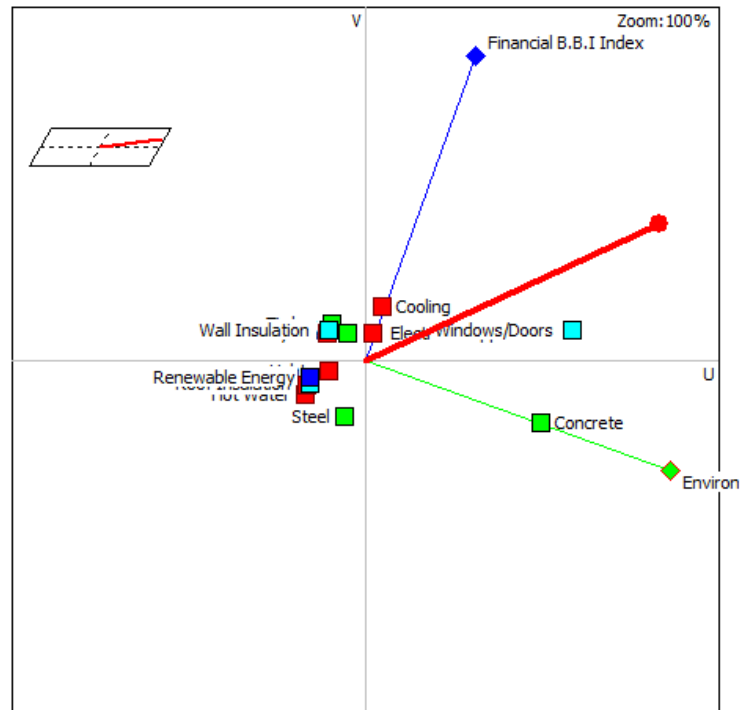
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης A_{50}



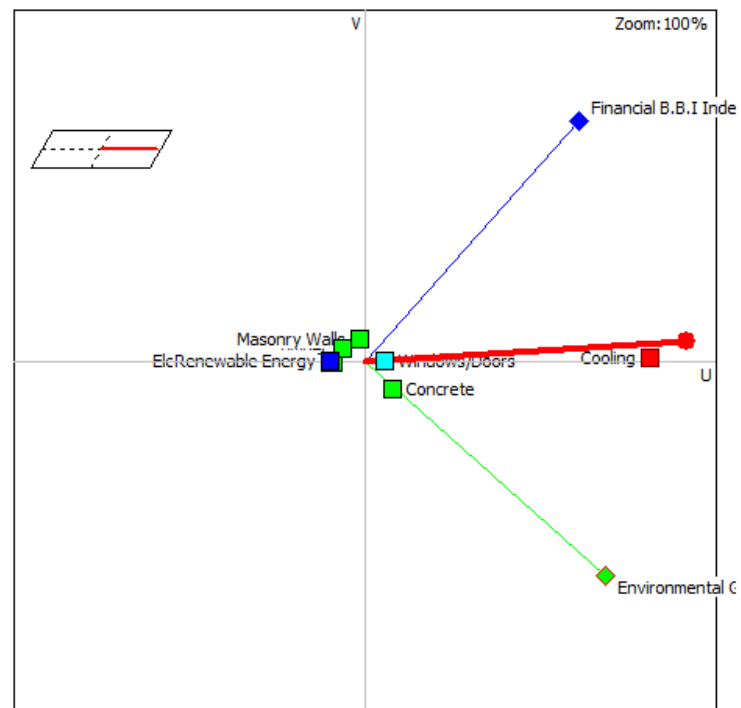
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης B₅₀



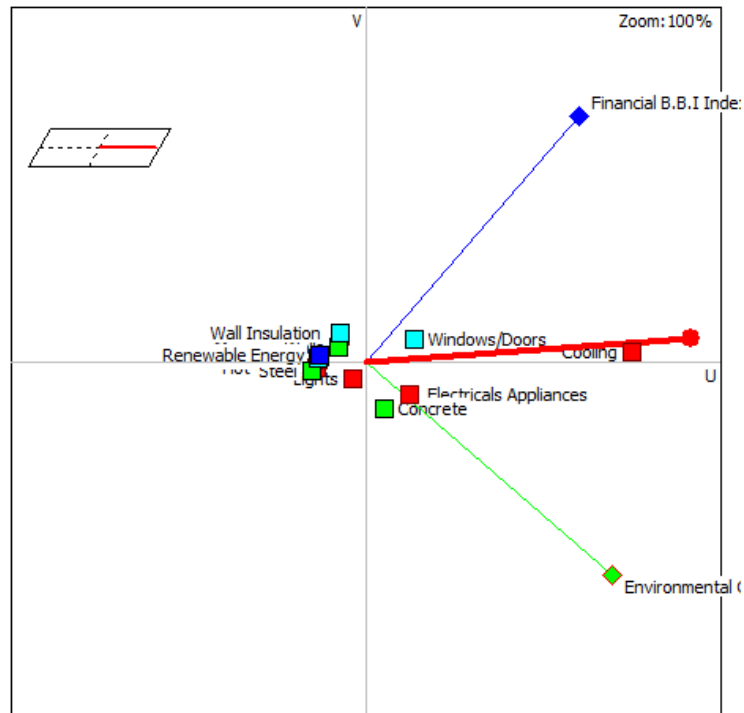
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης Γ₅₀



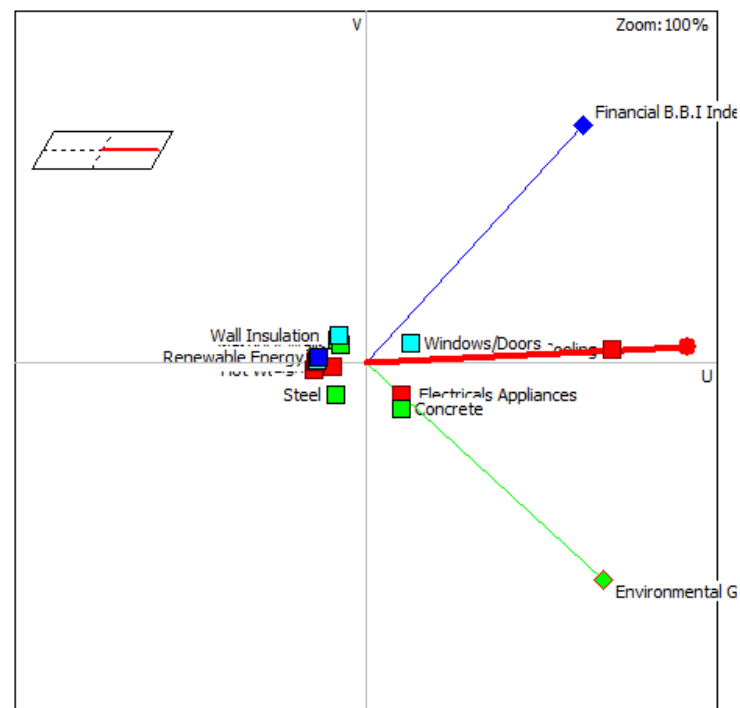
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης A₇₅



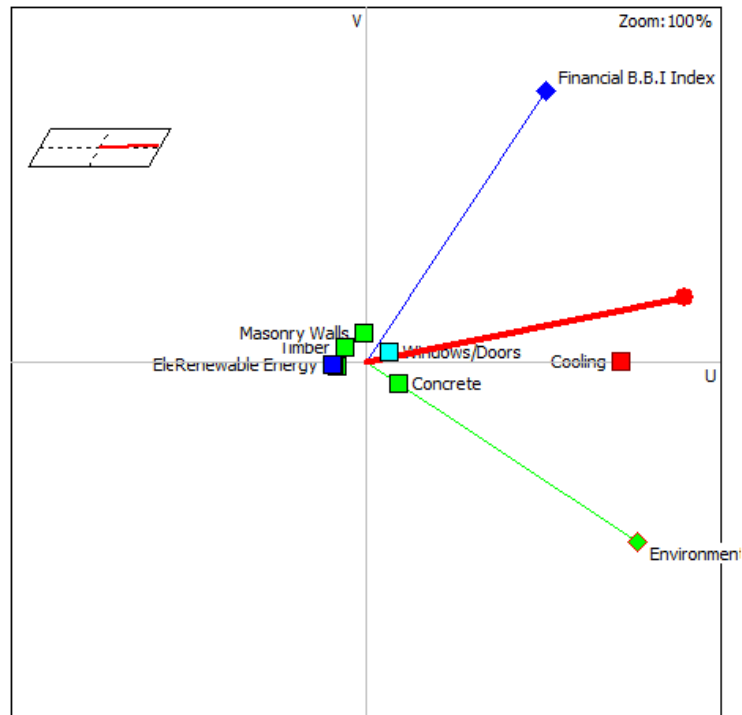
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης B₇₅



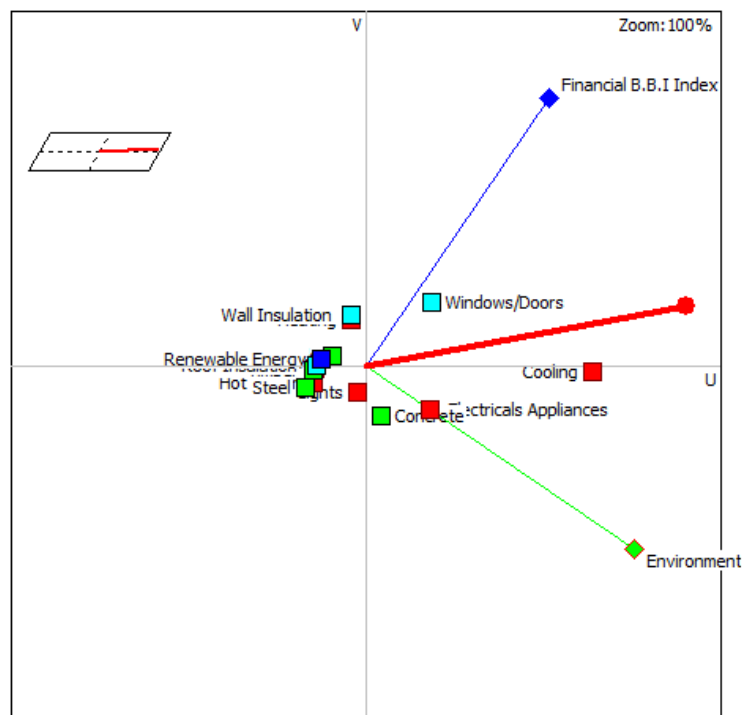
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης Γ₇₅



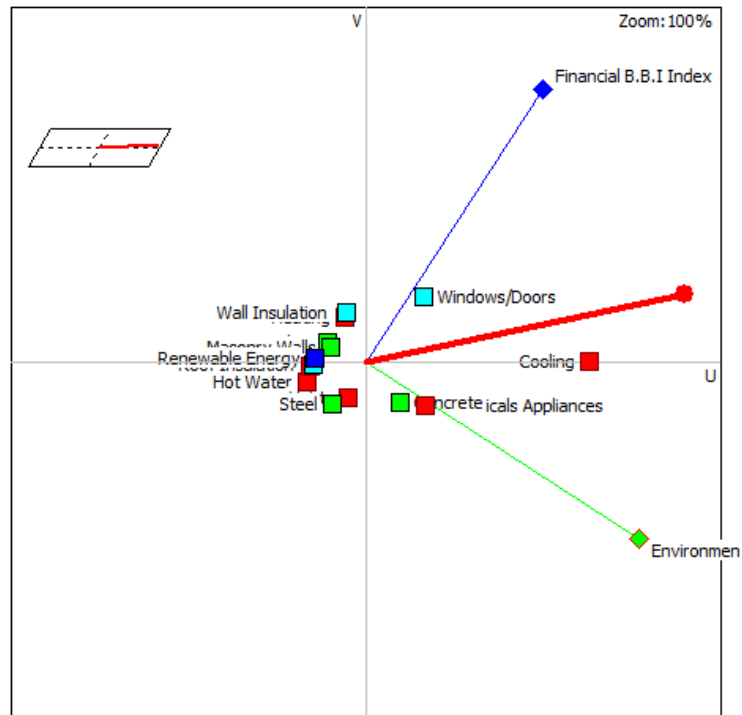
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης Α₇₅



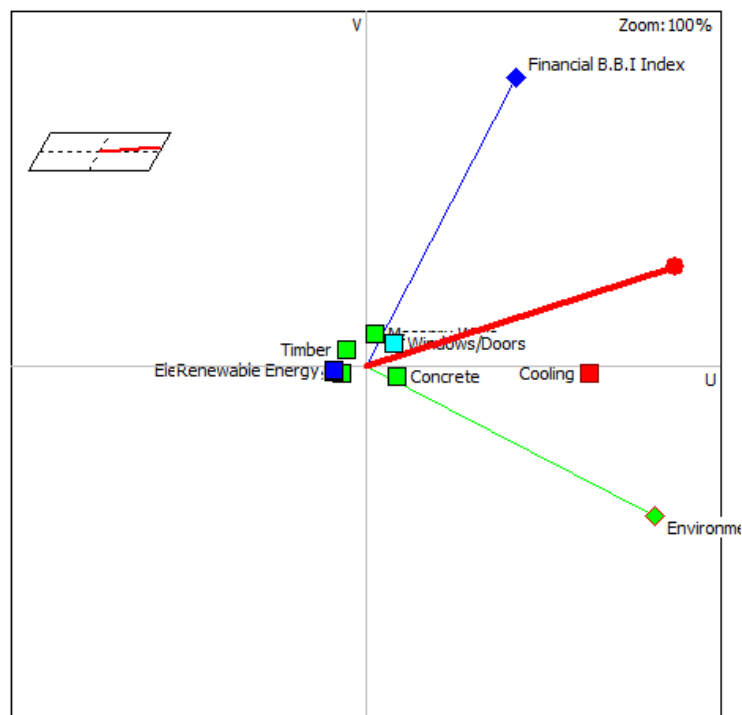
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης B₇₅



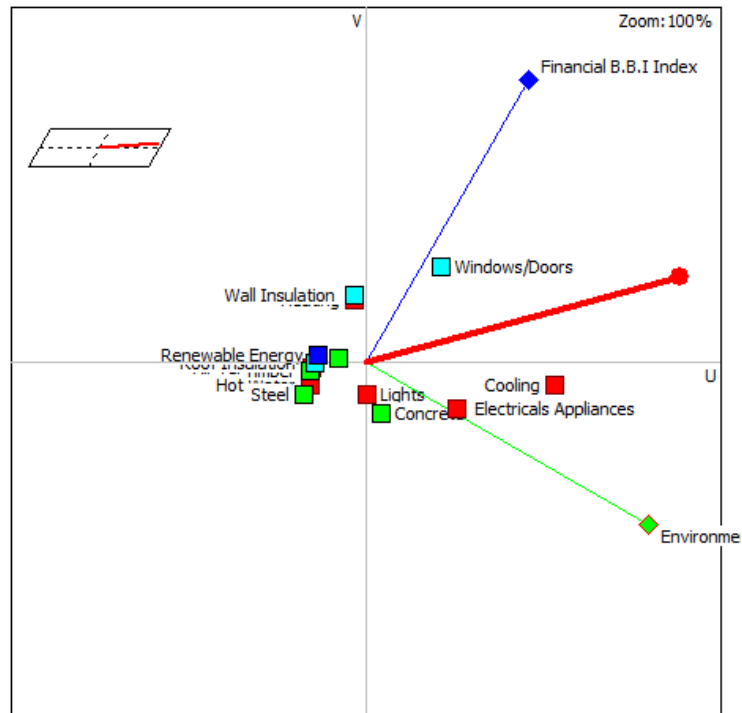
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης Γ₇₅



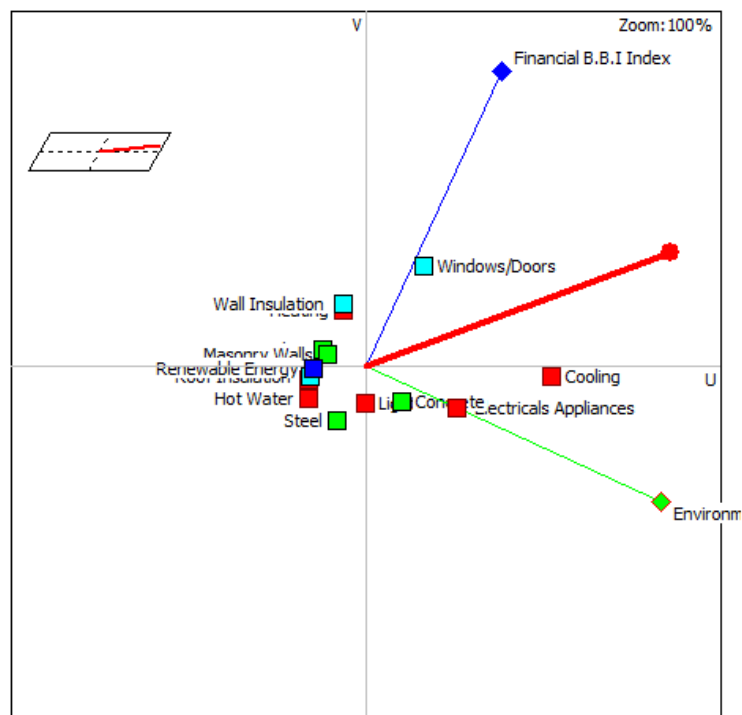
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης A₇₅



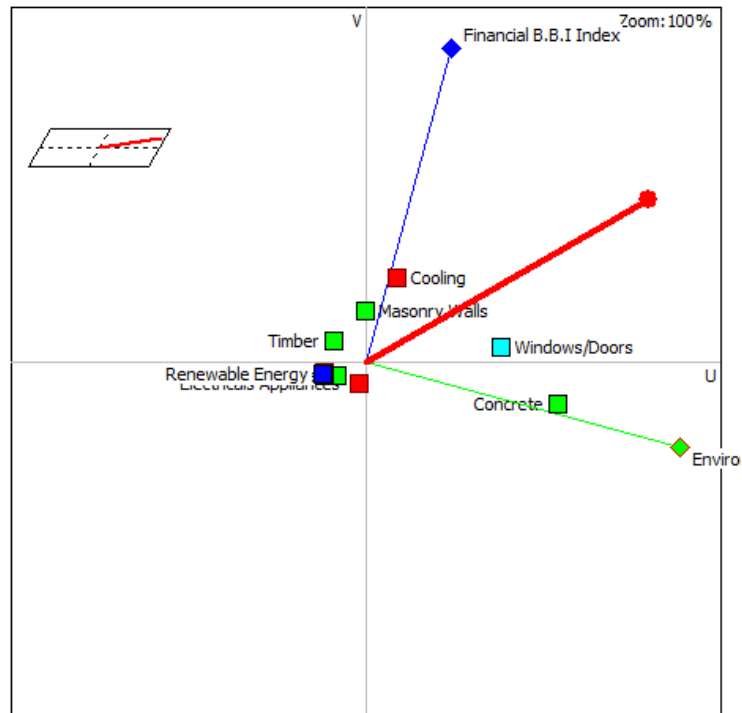
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης B₇₅



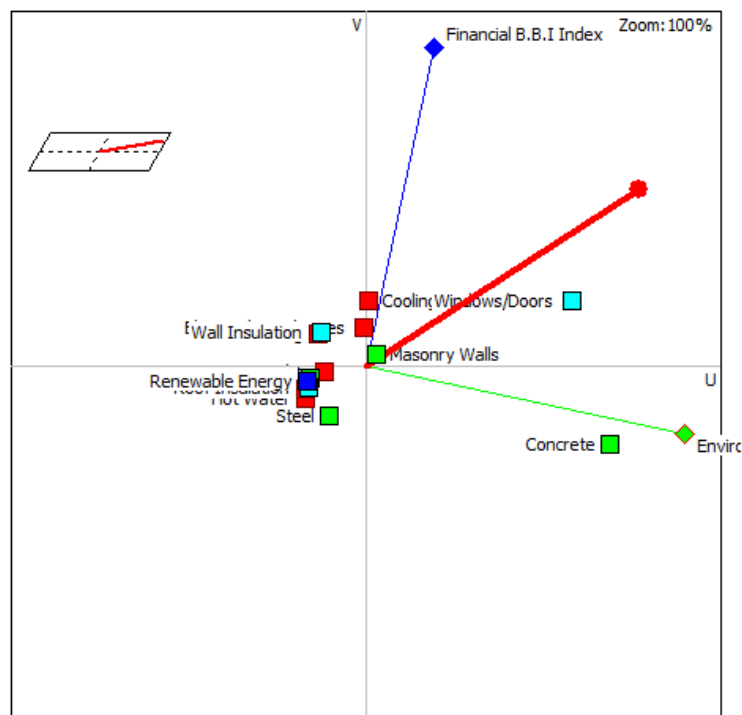
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης Γ₇₅



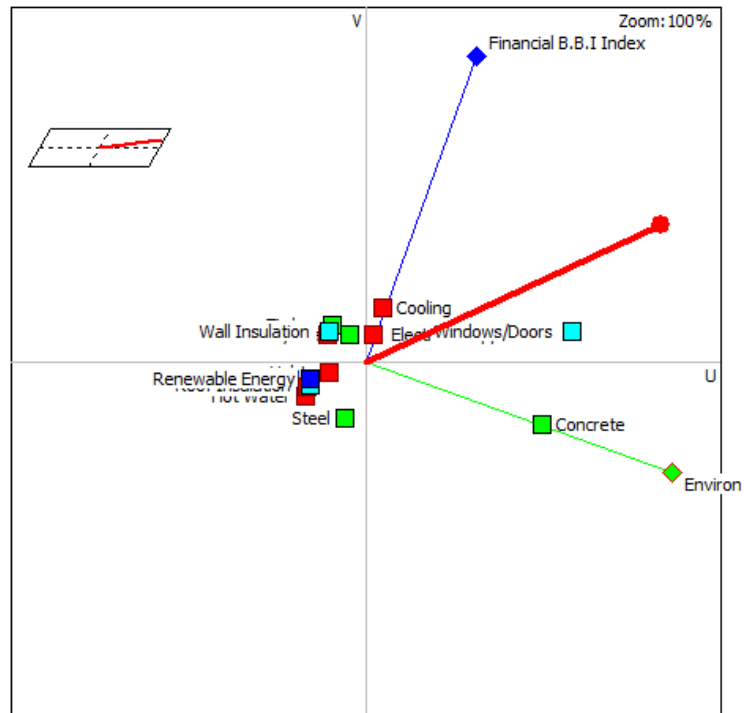
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης Α₇₅



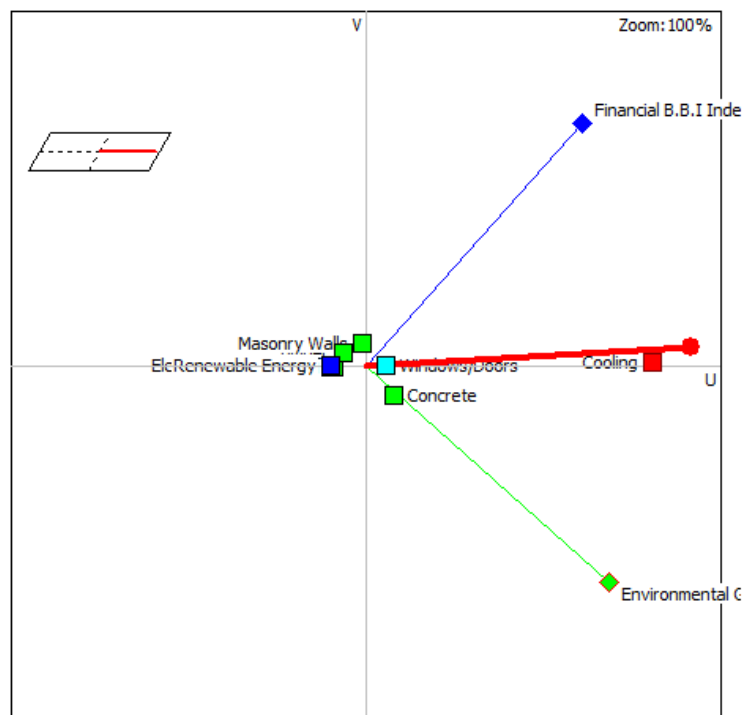
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης B₇₅



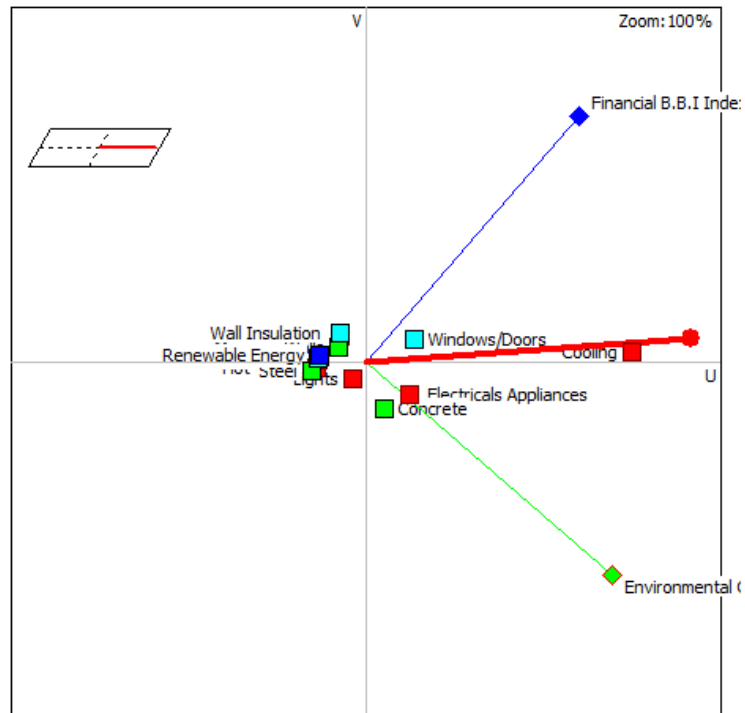
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης Γ₇₅



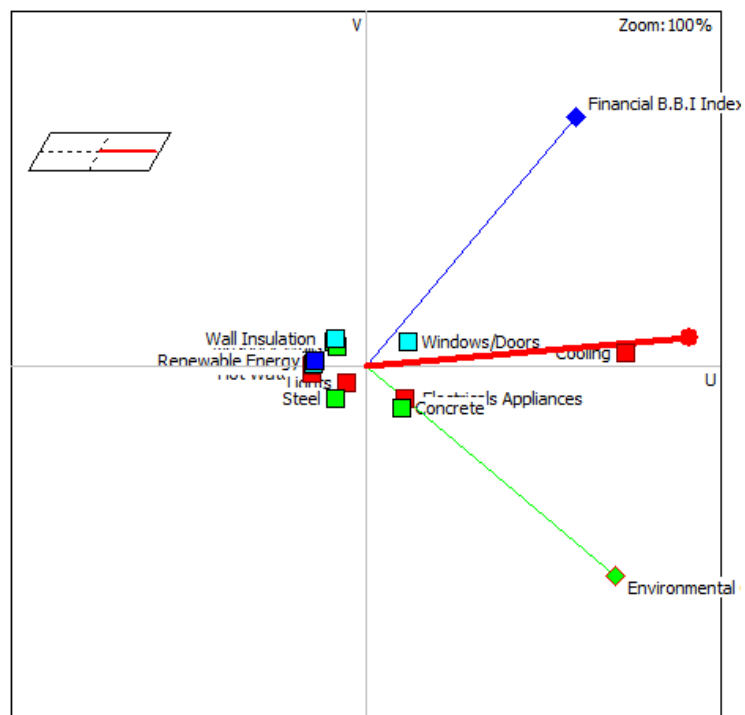
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης A₁₀₀



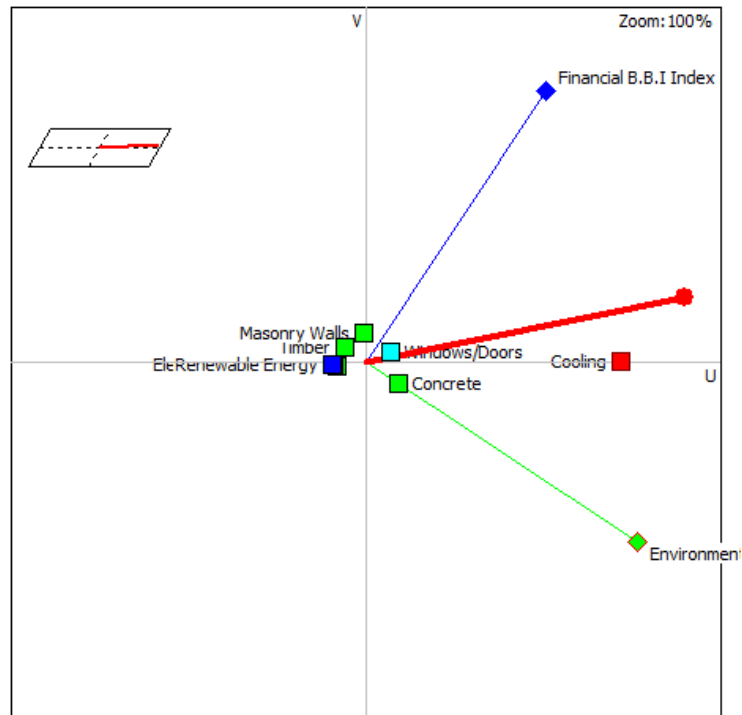
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης B₁₀₀



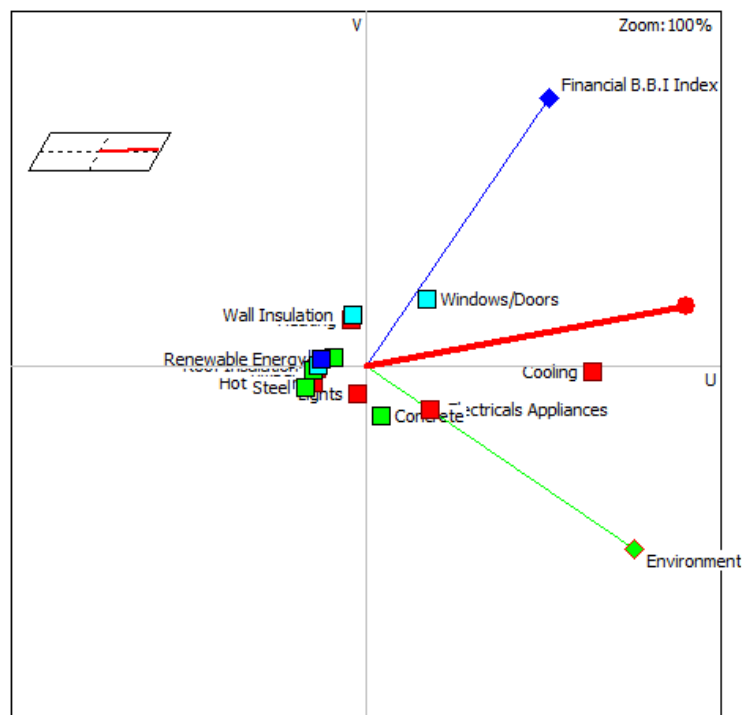
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1980- Σενάριο επέμβασης Γ_{100}



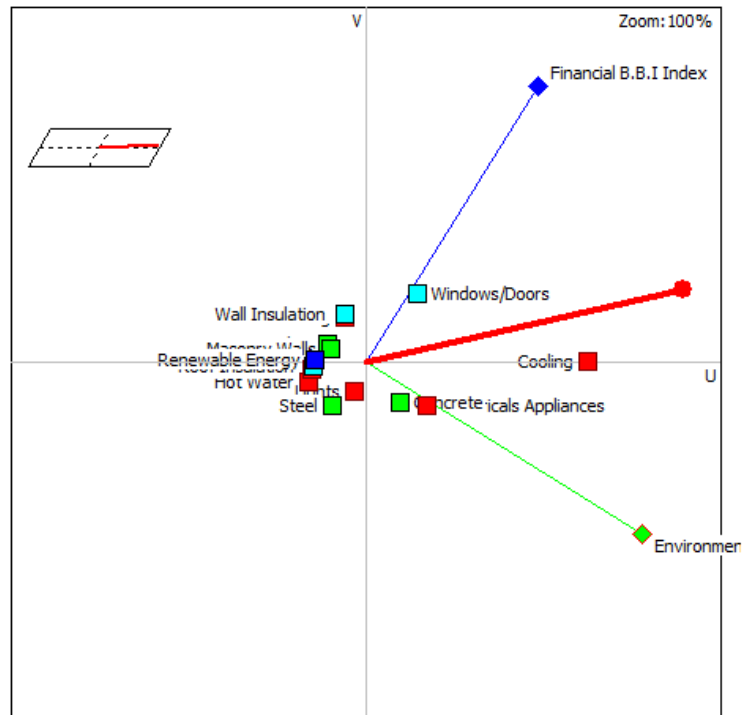
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης A_{100}



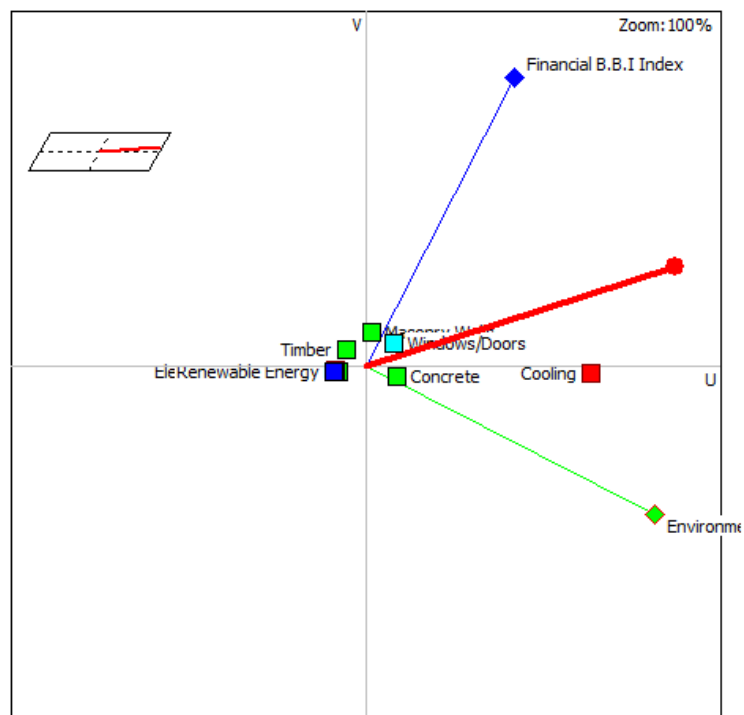
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης B₁₀₀



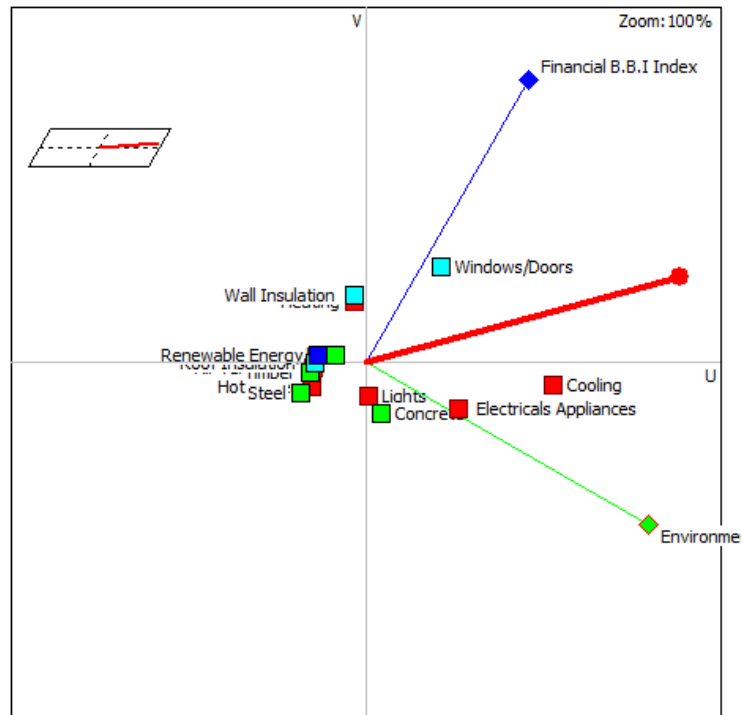
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 1994- Σενάριο επέμβασης Γ₁₀₀



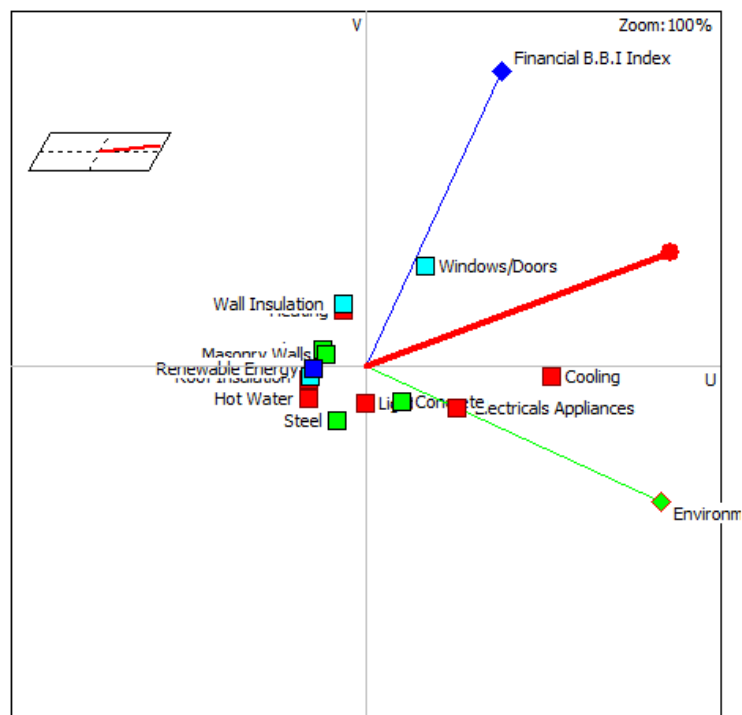
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης A₁₀₀



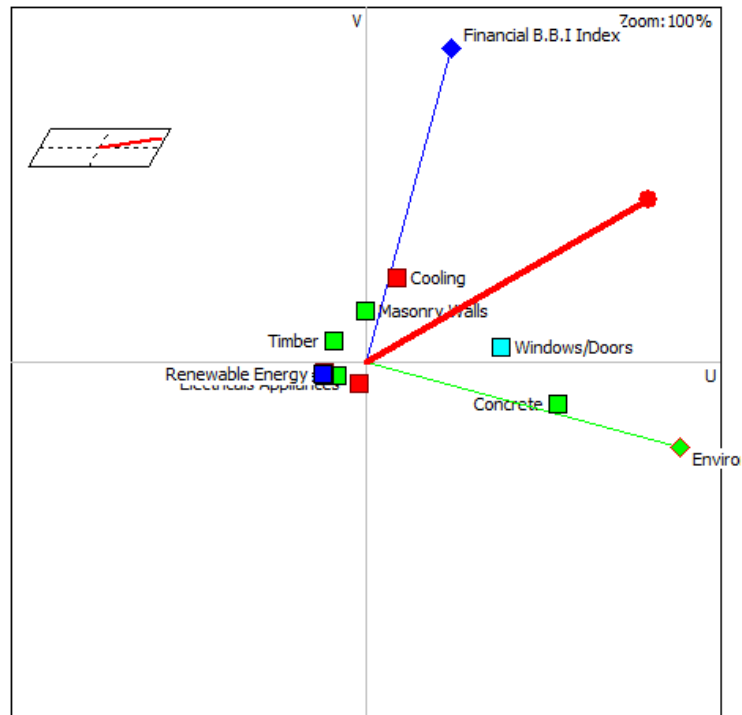
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης B₁₀₀



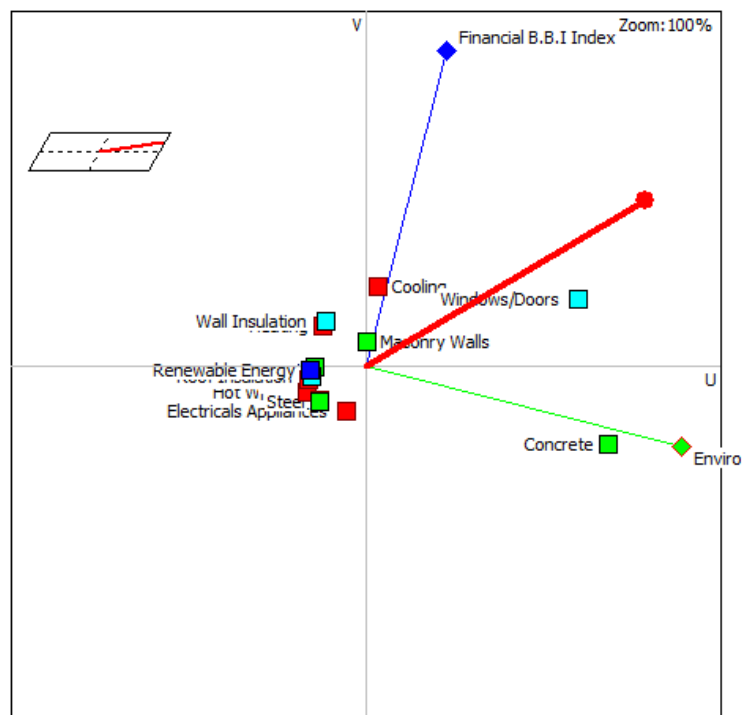
Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2008- Σενάριο επέμβασης Γ_{100}



Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης A_{100}



Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης B₁₀₀



Κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το 2013- Σενάριο επέμβασης Γ₁₀₀

