



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Υπολογισμός του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) σε Κτίριο  
Κατοικίας του Δήμου Κόμης - Αλιβερίου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΙΩΑΝΝΗ ΚΟΤΡΟΖΟΥ**

**Επιβλέπων:** Χάρης Δούκας  
Καθηγητής, Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Αθήνα, Οκτώμβριος 2023





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



**Υπολογισμός του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας (SRI) σε Κτίριο  
Κατοικίας του Δήμου Κόμης - Αλιβερίου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

του

**ΙΩΑΝΝΗ ΚΟΤΡΟΖΟΥ**

**Επιβλέπων:** Χάρης Δούκας  
Καθηγητής, Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2023.

(Υπογραφή)

.....  
Δούκας Χάρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Μαρινάκης Ε.  
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....  
Ψαρράς Ιωάννης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώμβριος 2023

(Υπογραφή)

.....

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΤΡΟΖΟΣ**

Διπλωματούχος Μηχανικός Οικονομίας και Διοίκησης Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Copyright © 2023 – Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, all rights reserved.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, των διαγραμμάτων, εικόνων, λογοτύπων, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτών, για εμπορικό σκοπό ή με σκοπό το κέρδος. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

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

## Περίληψη

Η εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει επιφέρει αυξημένη ανάγκη για επενδύσεις στον κτιριακό τομέα με επίκεντρο την ενεργειακή απόδοση. Ο σκοπός των επενδύσεων έχει ως στόχο να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, την εξοικονόμηση ενέργειας και την εκσυγχρονισμένη παροχή υγιεινής και άνεσης για τους χρήστες και τους κατοίκους των κτιρίων. Ο σχεδιασμός και η διαχείριση των κτιρίων έχουν περάσει διάφορα στάδια εξέλιξης. Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί όροι όπως «βιώσιμα κτίρια», «έξυπνα κτίρια», «κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης» που αντικατοπτρίζουν τους στόχους και την πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο αφορά τον κτιριακό τομέα αλλά και τον τομέα του περιβάλλοντος και την ενέργειας.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, εξετάζουμε τον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας κτιρίων, γνωστό και ως Smart Readiness Indicator (SRI). Ο δείκτης εισήχθη το 2018 για πρώτη φορά, έπειτα από την αναθεωρημένη ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Ο σκοπός του SRI είναι να αξιολογήσει την τεχνολογική έτοιμοτητα των κτιρίων, εξετάζοντας την παρουσία και τη λειτουργικότητα έξυπνων υπηρεσιών. Στόχος του είναι να προωθήσει τη δημιουργία κτιρίων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των χρηστών, είναι ενεργειακά αποδοτικά και παρέχουν ευελιξία, όπως ορίζεται από την οδηγία για τις τρεις λειτουργίες – κλειδιά.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μια εξέταση του ορισμού και των βασικών στοιχείων που χαρακτηρίζουν μια έξυπνη πόλη γενικότερα, εστιάζοντας παράλληλα στα χαρακτηριστικά ενός έξυπνου κτιρίου. Στη συνέχεια, προχωρήσαμε στην ανάλυση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI), με βάση τον ορισμό που παρουσιάζεται στις προηγούμενες τεχνικές μελέτες. Πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση των ευφυών έτοιμων υπηρεσιών, οι οποίες κατηγοριοποιούνται με βάση εννέα τεχνικών τομέων και με τη χρήση της μεθόδου της πολυκριτήριας ανάλυσης για τον υπολογισμό του δείκτη και των αντίστοιχων λειτουργιών - κλειδιών. Συγκεκριμένα, έγινε αναφορά στους συντελεστές βαρύτητας με βάση τον τόπο κατασκευής του κτιρίου που αφορά την κλιματική ζώνη της Νότιο - Ανατολικής Ευρώπης, στα επτά κριτήρια επίδρασης και στις δύο προτεινόμενες μεθόδους, την απλοποιημένη (Μέθοδο Α) και την αναλυτική (Μέθοδο Β) που εφαρμόστηκαν στην παρούσα εργασία.

Ο υπολογισμός του δείκτη πραγματοποιήθηκε για κτίριο κατοικίας στην Εύβοια και συγκεκριμένα στον δήμο Κύμης – Αλιβερίου όπου κατασκευάστηκε το 2009 και ανήκει στην κλιματική ζώνη της Νότιο - Ανατολικής Ευρώπης. Διευρενήθηκαν τέσσερα σενάρια για τον υπολογισμό του δείκτη όπου υποδιαιρείται το κάθε σενάριο με βάση την απλοποιημένη (Μέθοδο Α) και την αναλυτική (Μέθοδο Β) μέθοδο. Έτσι έχουμε το Σενάριο Αναφοράς όπου εξετάζει την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου, το Απαισιόδοξο Σενάριο που εξετάζει τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις, το Μετριοπαθές Σενάριο και το Αισιόδοξο Σενάριο θεωρητικής αναβάθμισης των συστημάτων με διαφορετικό επίπεδο λειτουργικότητας και αριθμό τομέων.

Τέλος, αναλύονται τα συμπεράσματα – αποτελέσματα της έρευνας που θα κριθεί αν αξίζει η εφαρμογή του SRI. Επιπλέον, προτείνεται η ενσωμάτωση της αξιολόγησης των υλικών με δυναμικά μεταβαλλόμενου χαρακτήρα στον τομέα του κελύφους, καθώς αυτό αποτελεί ένα προτεινόμενο βήμα προς τη βελτίωση του δείκτη.

Λέξεις - κλειδιά: ενεργειακή απόδοση, έξυπνα κτίρια, κτιριακός τομέας, δείκτης ευφυούς ετοιμότητας, βιωσιμότητα

Υπολογισμός του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας (SRI) σε Κτίριο Κατοικίας του Δήμου Κύμης – Αλιβερίου  
Ιωάννης Κοτρόζος

## Abstract

The development of technology in recent years has brought about an increased need for investments in the building sector with a focus on energy efficiency. The purpose of the investments is to reduce greenhouse gas emissions, save energy and modernize the provision of hygiene and comfort for the users and residents of the buildings. The design and management of buildings have gone through various stages of development. There are many different terms such as "sustainable buildings", "smart buildings", "zero energy buildings" that reflect the objectives and policy of the European Union in the building sector but also in the environment and energy sector. In the context of this thesis, we examine the Smart Readiness Indicator (SRI). The indicator was introduced in 2018 for the first time, following the revised European directive on the energy performance of buildings. The purpose of the SRI is to assess the technological readiness of buildings by examining the presence and functionality of smart services. Its goal is to promote the creation of buildings that respond to the needs of users, are energy efficient and provide flexibility, as defined by the three key - functionalities directive.

Initially, an examination of the definition and fundamental elements characterizing a smart city in general was conducted, with a simultaneous focus on the characteristics of a smart building. Subsequently, an analysis of the Smart Readiness Indicator (SRI) was performed, based on the definition presented in previous technical studies. The presentation of smart ready services followed, categorized into nine technical domains, and utilizing the multi-criteria analysis method for calculating the SRI and its corresponding indicators. Specifically, reference was made to the weighting factors based on the place of construction of the building which concerns the climate zone of South-Eastern Europe, to the seven impact criteria and in both proposed methods, the simplified (Method A) and the analytical (Method B) that were applied in this work.

The calculation of the Smart Readiness Indicator was held for a single-family residential building in Evia, specifically in the municipality of Kimis – Aliveriou where it was built in 2009 and belongs to the climate zone of South-Eastern Europe. Four calculation scenarios were developed, where each scenario is subdivided based on the simplified (Method A) and the analytical (Method B) method. So, we have the Reference Scenario where it examines the existing state of the building, the Pessimistic Scenario which examines the minimum national requirements, Modest



Scenario and Optimistic Scenario of theoretical upgrading of the systems with different number of sectors and level of functionality of the services.

Finally, the conclusions and results of the research are analyzed to determine whether the application of SRI is worth it. In addition, it is suggested to incorporate the evaluation of materials with dynamically changing characteristics in the building envelope sector, as this constitutes a proposed step towards enhancing the indicator.

Keywords: energy efficiency, smart buildings, building sector, Smart Readiness Indicator (SRI), sustainability



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Είμαι βαθύτατα συγκινημένος για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, με σκοπό την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος «Τέχνο-οικονομικά Συστήματα» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Έτσι, ως ένδειξη σεβασμού και εκτίμησης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος κάποιους ανθρώπους πως συνέβαλαν.

Αρχικά θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χρυσόστομο Δούκα, Αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π., τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για την καθοδήγησή του. Επίσης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την εκπόνηση και συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον κ. Απόστολο Αρσενόπουλο, υποψήφιο διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά της κατά τη διεξαγωγή της εργασίας. Οι συμβουλές της ήταν καθοριστικές ως προς την ορθότητα του αποτελέσματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όπως και να αφιερώσω την συγκεκριμένη εργασία στην οικογένεια μου, όπου η στήριξη και η συμπαράστασή τους με συνόδευσε από την αρχή έως το τέλος της εργασίας.

## Πίνακας Περιεχομένων

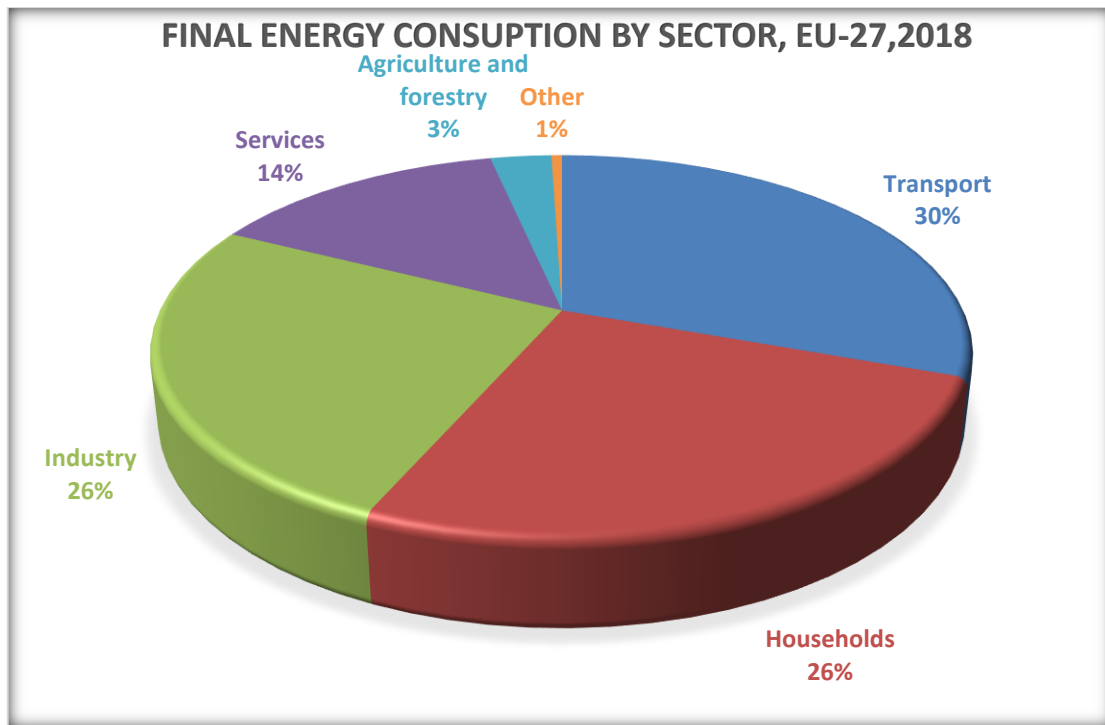
Περίληψη.....	5
Abstract .....	8
1. Εισαγωγή.....	14
2. Ευφυείς Πόλεις .....	17
2.1 Ορισμός Ευφυούς Πόλης.....	17
2.2 Δομικά Στοιχεία Ευφυούς Πόλης .....	18
3. Ευφυή Κτίρια.....	22
3.1 Απόδοση Ορισμού Ευφυούς Κτιρίου .....	22
3.2 Στοιχεία ενός Έξυπνου Κτιρίου.....	26
3.3 Υλικά με Έξυπνες Ιδιότητες .....	28
3.4 Παραδείγματα ευφών κτιρίων.....	31
3.5 Προκλήσεις των Ευφών Κτιρίων .....	33
4. Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων.....	35
4.1 Ορισμός – Στόχοι Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων (SRI) .....	35
4.2 Ευφώς Έτοιμες Υπηρεσίες (SRS).....	36
4.3 Τεχνικοί Τομείς (Domains) .....	37
4.4 Κριτήρια Επίδρασης (Impact Criteria) .....	46
4.5 Λειτουργίες Κλειδιά (Key Functionalities).....	48
4.6 Κατηγοριοποίηση Κτιρίων .....	50
4.7 Απόδοση Βαρών στους Τεχνικούς Τομείς.....	51
4.8 Απόδοση Βαρών Κριτηρίων Επίδρασης.....	55
4.9 Διαδικασία Επιλογής Υπηρεσιών.....	56
4.9.1 Κατηγορίες Ευφών Υπηρεσιών .....	56
4.9.2 Υπηρεσίες σε ένα Κτίριο με Διαφορετικά Επίπεδα Λειτουργικότητας .....	58
4.10 Μέθοδοι Εκτίμησης Δείκτη .....	60
4.11 Δομή Μεθοδολογίας Υπολογισμού .....	63
5. Εφαρμογή του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας σε Κτίριο Κατοικίας στην Ελλάδα .....	69
5.1 Διαμόρφωση Σεναρίου Αναφοράς για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου.....	72

<b>5.2 Διαμόρφωση Απαισιόδοξου Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου.....</b>	<b>74</b>
<b>5.3 Διαμόρφωση Μετριοπαθές Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου.....</b>	<b>75</b>
<b>5.4 Διαμόρφωση Αισιόδοξου Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου.....</b>	<b>77</b>
<b>5.5 Αποτελέσματα Έρευνας .....</b>	<b>78</b>
<b>5.5.1 Σενάριο Αναφοράς για την Μέθοδο A και Μέθοδο B.....</b>	<b>78</b>
<b>5.5.2 Απαισιόδοξο Σενάριο για την Μέθοδο A και Μέθοδο B .....</b>	<b>82</b>
<b>5.5.3 Μετριοπαθές Σενάριο για την Μέθοδο A και Μέθοδο B.....</b>	<b>85</b>
<b>5.5.4 Αισιόδοξο Σενάριο για την Μέθοδο A και Μέθοδο B.....</b>	<b>88</b>
<b>5.5.5 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα.....</b>	<b>92</b>
<b>6. Συμπεράσματα και Προτάσεις .....</b>	<b>97</b>
<b>6.1 Συμπεράσματα .....</b>	<b>97</b>
<b>6.2 Προτάσεις.....</b>	<b>99</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>102</b>

## 1. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή αναδεικνύεται ως το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα στη σύγχρονη εποχή. Καθώς ο χρόνος περνά, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επιδεινώνονται και προκαλούν σοβαρή καταστροφή στον πλανήτη, με επιζήμιες συνέπειες για την παγκόσμια υγεία και οικονομία [1]. Σε αυτό το πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει έναν μακροπρόθεσμο στόχο για το έτος 2050, ο οποίος αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Αυτός ο στόχος μπορεί να αντιμετωπίσει την αναγνωρισμένη κλιματική αλλαγή και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που έχουν ήδη παρατηρούνται στην ζωή του ανθρώπου [2]. Σε αυτή την προσπάθεια, ο κτιριακός τομέας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, καθώς αποτελεί το 36% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> και το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1. Επιπλέον, το πρόβλημα επιδεινώνεται από το γεγονός ότι υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό παλαιών κατασκευών στο κτιριακό δυναμικό, τα οποία χαρακτηρίζονται από ανεπαρκή ενεργειακή απόδοση. Αυτά τα κτίρια δεν έχουν σχεδιαστεί ή κατασκευαστεί με βάση τις σύγχρονες προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης και συνεπώς απαιτούν υψηλή κατανάλωση φυσικών πόρων για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες τους [3].

Στην Ελλάδα, υπάρχουν συνολικά 3,7 εκατομμύρια κτίρια που δεν έχουν υψηλή ενεργειακή απόδοση, σύμφωνα με τα δεδομένα που δημοσίευσε το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής το 2017 [4]. Περισσότερα από το 50% των κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από το 1980, πριν εισαχθεί ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων. Τα αναφερόμενα κτίρια είτε δεν έχουν θερμομόνωση είτε η θερμομόνωση που έχει εφαρμοστεί είναι ανεπαρκής. Η συνδυασμένη επίδραση μη ενεργειακών κουφωμάτων, παλαιών και μη συντηρημένων συστημάτων ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης, σε συνδυασμό με την έλλειψη ευαισθητοποίησης εκ μέρους του πληθυσμού, οδηγεί σε υψηλές ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας. Ενδεχομένως, τα κτίρια διαθέτουν το μεγαλύτερο δυναμικό για εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς προσφέρουν πολλές ευκαιρίες βελτίωσης, όπως στον τομέα του κελύφους, των υλικών, των συστημάτων και της χρήσης προηγμένων τεχνολογιών και λογισμικού. Ωστόσο, ο κτιριακός τομέας αποτελεί το 36% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα.



Εικόνα 1.1: Η ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (5)

Ο λόγος για την αναγκαιότητα ενεργειακής αναβάθμισης του κτιριακού δυναμικού είναι πλέον προφανής, και αυτό αποτελεί κεντρικό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο του Green Deal. Για να επιτευχθούν τα υψηλότερα επίπεδα ενεργειακής εξοικονόμησης και η ελάχιστη ρύπανση κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κτιρίων, δεν αρκεί μόνο η απλή αναβάθμιση υλικών του κτιρίου και των εγκαταστάσεών του. Αντίθετα, απαιτείται μια συνεργασία που συμπεριλαμβάνει αυτοματισμούς και εξειδικευμένο λογισμικό, τα οποία επιτρέπουν στο κτίριο να λειτουργεί αυτόνομα, προσαρμοσμένο στις διάφορες συνθήκες και ανάγκες του.

Οι παραπάνω λειτουργίες χαρακτηρίζουν τα ευφυή κτίρια, τα οποία ανήκουν στη νέα γενιά κτιρίων και αναμένεται να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, της ενεργειακής ευελιξίας και της αίσθησης άνεσης και ευημερίας των χρηστών. Κύρια στοιχεία των έξυπνων κτιρίων, είναι οι αισθητήρες, οι μετρητές και συστήματα αυτοματισμού που επιτρέπουν τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων για τις συνθήκες του κτιρίου. Η επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων του κτιρίου και η σύνδεσή τους στο διαδίκτυο δίνει τη δυνατότητα για τον έξυπνο έλεγχο και την αυτόματη προσαρμογή των συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των χρηστών και τις εξωτερικές συνθήκες. Επιπλέον, ειδικά λογισμικά διαχείρισης

επιτρέπουν την παρακολούθηση και την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με την κατάσταση και την απόδοση των συστημάτων του κτιρίου [6].

Λόγω της ποικιλίας τεχνολογιών, υλικών και λογισμικών που χρησιμοποιούνται στα έξυπνα κτίρια, απαιτείται η αξιολόγηση των κτιρίων για να αναδειχθεί η τεχνολογική και ευφυής ετοιμότητά τους. Με αυτή την προοπτική, το 2018, η Ευρωπαϊκή Ένωση πρότεινε μια αναθεωρημένη περιβαλλοντική οδηγία που εισάγει τον «Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI)». Ο δείκτης αξιολογεί τα κτίρια βάση της δυνατότητάς τους να υιοθετούν και να εκμεταλλεύονται τις διαθέσιμες τεχνολογίες για ενεργειακή αναβάθμιση και εξοικονόμηση [7].



## 2. Ευφυείς Πόλεις

Η σύγχρονη εποχή, διαπνέεται από την έντονη ανάπτυξη των πόλεων και την επιτακτική ανάγκη για βιώσιμες και αποδοτικές λύσεις. Ο όρος "έξυπνες πόλεις" αναφέρεται σε αστικά κέντρα που χρησιμοποιούν σύγχρονες τεχνολογίες και καινοτομίες με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους και τη μείωση της αρνητικής τους επίδρασης στο περιβάλλον. Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει την πολύπλευρη έννοια της έξυπνης πόλης. Αρχικά, αποδίδεται ο ορισμός και η εξέλιξη της έξυπνης πόλης μέσω μιας λεπτομερούς ανασκόπησης της βιβλιογραφίας και στη συνέχεια εξετάζουμε τα βασικά στοιχεία που την καθιστούν έξυπνη.

### 2.1 Ορισμός Ευφυούς Πόλης

Σύμφωνα με έκθεση των Ηνωμένων Εθνών, παρατηρείται μια σημαντική αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, προβλέποντας ότι θα αυξηθεί από 7.7 σε 9.7 δισεκατομμύρια από το 2019 έως το 2050 [8]. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αστικοποίησης για να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες. Υπολογίζεται ότι το 66% του μελλοντικού πληθυσμού θα ζει σε πόλεις, προκαλώντας σημαντική πίεση στο περιβάλλον [9]. Η αντιμετώπιση των νέων προκλήσεων απαιτεί προσεκτική διαχείριση των φυσικών πόρων, αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων, βελτίωση της υποδομής, εξασφάλιση επαρκούς στέγασης και ενίσχυση των συστημάτων υγείας. Οι πόλεις, ως ζωντανοί και αυτόνομοι οργανισμοί, έχουν ουσιαστικό ρόλο στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και επηρεάζονται επίσης από την αναγνωρισμένη κλιματική αλλαγή. [10].

Για την υποστήριξη των παραπάνω, αναπτύχθηκε η έννοια της έξυπνης πόλης, η οποία αναφέρεται σε ένα αστικό κέντρο που λειτουργεί βασιζόμενο σε τρεις βασικούς πυλώνες αρχών: οικονομική ανάπτυξη, σεβασμός προς το περιβάλλον, και κοινωνική δικαιοσύνη. Η έξυπνη πόλη επιδιώκει να επιτύχει τη βιωσιμότητα, ενσωματώνοντας ταυτόχρονα νέες τεχνολογίες που έχουν εμφανιστεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών [10]. Στον 20ο αιώνα, η ανθρωπότητα βίωσε την τρίτη βιομηχανική επανάσταση, η οποία προήλθε από την ανάπτυξη του διαδικτύου και των αυτοματισμών. Σήμερα βρισκόμαστε στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, όπου συνδυάζονται ο φυσικός κόσμος (όπως οι αισθητήρες που μετρούν πραγματικά δεδομένα), το ψηφιακό περιβάλλον, ο ανθρώπινος παράγοντας και το διαδίκτυο, τα

οποία διασυνδέονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω της ανταλλαγής δεδομένων [11].

Έτσι, λόγω των αυξανόμενων και επιτακτικών αναγκών, καθώς και της προόδου στην επιστήμη και την τεχνολογία, δημιουργήθηκε μια νέα «μορφή» πόλης που υπερβαίνει τα όρια της βιώσιμης ανάπτυξης και πλέον χαρακτηρίζεται ως "ευφυής πόλη" ή "έξυπνη πόλη". Ο όρος "έξυπνη πόλη" εμφανίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1990 και έχει αυξηθεί σημαντικά η χρήση του μέχρι σήμερα. Ωστόσο, η ερμηνεία του όρου έχει αλλάξει σημαντικά κατά τη διάρκεια των ετών. Αρχικά, η έννοια της ευφούς πόλης συνδεόταν αποκλειστικά με τη χρήση τεχνολογιών εντός της αστικής δομής. Αυτές οι τεχνολογίες περιλάμβαναν αυτοματισμούς, καινοτόμο διαδίκτυο και τεχνολογίες επικοινωνίας, οι οποίες χρησιμοποιούνταν στις υποδομές των μεγάλων πόλεων για να τις καταστήσουν "έξυπνες".

Αργότερα, αναγνωρίστηκε ότι αυτός ο ορισμός ήταν περιοριστικός για μια τόσο πολυδιάστατη έννοια και η προσοχή εστιάστηκε στο κοινωνικό δυναμικό πέρα από την τεχνολογία. Σε μια έξυπνη πόλη, η σύγχρονη τεχνολογία είναι σημαντική, αλλά εξίσου σημαντικοί είναι και οι πολίτες της. Αυτοί οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά στη διακυβέρνηση της πόλης τους και απολαμβάνουν μια υψηλή ποιότητα ζωής. Έτσι, η έξυπνη πόλη δεν περιορίζεται απλά στη χρήση τεχνολογίας, αλλά ενσωματώνει τις ανθρώπινες ανάγκες και επιδιώκει να τις ικανοποιήσει χωρίς να θέτει σε κίνδυνο το περιβάλλον. Συνεπώς, μια έξυπνη πόλη εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερες έξυπνες τεχνολογίες και βελτιώνει την ποιότητα ζωής των κατοίκων, τηρώντας παράλληλα αυστηρά τις αρχές της βιώσιμης, συμμετοχικής διαχείρισης και προστασίας του περιβάλλοντος [12].

## 2.2 Δομικά Στοιχεία Ευφούς Πόλης

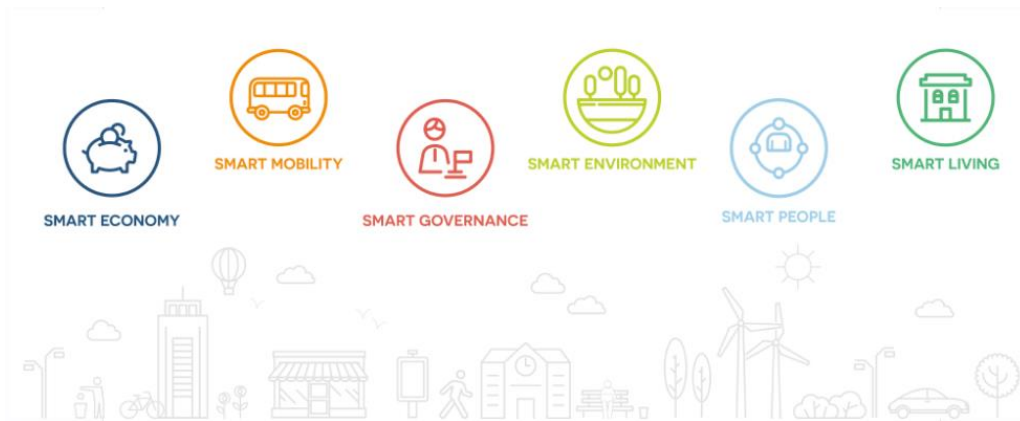
Σύμφωνα με όσα έχουν ήδη αναφερθεί, η "ευφυΐα" αντιπροσωπεύει ένα συνολικό συνδυασμό πολλών και διαφορετικών κριτηρίων που συνεργάζονται μεταξύ τους. Παρ' όλα αυτά, για να αποσαφηνιστεί ο όρος, έχει διαιρεθεί σε διάφορους τομείς που συνεργάζονται από κοινού ως ένα ενιαίο σύνολο. Δεν είναι αρκετό να ικανοποιείται μόνο ένας από αυτούς τους τομείς για να χαρακτηριστεί κάτι ως "ευφύες", αλλά είναι απαραίτητο να εξετάζονται ταυτόχρονα όλα τα κριτήρια.

Σύμφωνα με την έρευνα των Giffinger και Haindlmaier [13] το 2010, οι οποίοι ανέπτυξαν ένα εργαλείο για την κατάταξη των πόλεων βάσει της έξυπνης τους φύσης,

υπάρχουν έξι κύρια στοιχεία που χαρακτηρίζουν μια έξυπνη πόλη (Εικόνα 2.1) [14]. Αυτά τα στοιχεία δεν περιλαμβάνουν ξεχωριστά τον τομέα της ποιότητας ζωής, καθώς θεωρείται ως φυσική απόρροια και στόχος των υπόλοιπων έξι συστατικών [[15],[16]].

- 1. Έξυπνη Οικονομία (Smart Economy):** Η έννοια της «οικονομικής ευφύιας» περιλαμβάνει την αξιοποίηση των πλούσιων πηγών παραγωγής ενός τόπου, όπως η βιομηχανία, η γεωργία και ο τριτογενής τομέας, μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών. Η οικονομική δραστηριότητα πρέπει να είναι προσανατολισμένη προς την εξωτερική αγορά και να παρέχει ευελιξία στους εργαζόμενους. Τέλος, μια ευφύης οικονομία προωθεί την πρωτοβουλία και ενθαρρύνει τους πολίτες να ασχοληθούν με καινοτόμες επιχειρηματικές δραστηριότητες μέσω της παροχής κινήτρων.
- 2. Έξυπνη Κινητικότητα (Smart Mobility):** Αυτή η έννοια καλύπτει όλες τις μετακινήσεις, ανεξαρτήτως του τύπου τους, τη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού και την ανάπτυξη υποδομών. Αυτές οι δραστηριότητες πρέπει να είναι βιώσιμες και ασφαλείς. Επιπλέον, οι μεταφορικοί τρόποι, είτε είναι δημόσιοι είτε ιδιωτικοί, καθώς και τα έργα οδοποιίας, πρέπει να εξασφαλίζουν ανεμπόδιστη επικοινωνία εντός και εκτός αστικών περιοχών, χωρίς να προκαλούν κοινωνικούς αποκλεισμούς.
- 3. Έξυπνη διακυβέρνηση (Smart Government):** Η έξυπνη διαχείριση ενός αστικού κέντρου χαρακτηρίζεται από την ολοκληρωμένη προσέγγιση, τη διαφάνεια και τη συμμετοχή. Σε αυτό το πλαίσιο, ο άνθρωπος τίθεται στο επίκεντρο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων που επηρεάζουν την καθημερινή του ζωή και έχει πρόσβαση σε σύγχρονες δημόσιες και κοινωνικές υπηρεσίες. Το σύστημα διακυβέρνησης είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να δίνει έμφαση στη συμμετοχή του κοινού και να επιτρέπει την αμοιβαία επιρροή και αλληλεπίδραση μεταξύ των πολιτών και των αρχών. Αυτό διασφαλίζει μια δίκαιη, ανοικτή και διαφανή διαδικασία λήψης αποφάσεων και εξασφαλίζει ότι οι ανάγκες και οι προτεραιότητες του πληθυσμού λαμβάνονται υπόψη.

- 4. Έξυπνο Περιβάλλον (Smart Environment):** Ένα "έξυπνο περιβάλλον" αναφέρεται στην βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων, με σκοπό τη διατήρηση και την αποφυγή της υποβάθμισής τους. Σε μια έξυπνη πόλη, οι φυσικοί πόροι χρησιμοποιούνται με βιώσιμο τρόπο, χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και το μέλλον τους, τόσο για τις τρέχουσες γενεές όσο και για τις μελλοντικές. Παραδείγματα επιτυχημένων πρακτικών περιλαμβάνουν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την πρακτική της ανακύκλωσης, την ευαισθητοποίηση του κοινού και τον βιώσιμο αστικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει τη δημιουργία βιώσιμων κτιρίων και δημόσιων χώρων.
- 5. Έξυπνοι Άνθρωποι (Smart People):** Με τον όρο «Έξυπνοι άνθρωποι» εννοούμε ανθρώπους που διαθέτουν ηλεκτρονικές δεξιότητες, έχουν πρόσβαση σε εκπαίδευση και κατάρτιση, και μπορούν να αξιοποιήσουν τους ανθρώπινους πόρους και τις δεξιότητές τους σε μια κοινωνία που δεν αποκλείει κανέναν. Αυτό ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα και προωθεί την καινοτομία. Ένα χαρακτηριστικό των "έξυπνων ανθρώπων" είναι η δυνατότητά τους να εισάγουν, να χρησιμοποιούν και να προσαρμόζουν δεδομένα, χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία ανάλυσης δεδομένων και πίνακες ελέγχου (dashboards), προκειμένου να λαμβάνουν αποφάσεις και να δημιουργούν προϊόντα και υπηρεσίες.
- 6. Έξυπνη διαβίωση (Smart Living):** Αυτό το στοιχείο περιλαμβάνει την έννοια της ευημερίας. Μια έξυπνη πόλη πρέπει να εξασφαλίζει στους κατοίκους της ένα αξιοπρεπές επίπεδο ζωής, προσφέροντας κατάλληλη στέγη, ευκαιρίες απασχόλησης, πρόσβαση σε ποιοτική εκπαίδευση, υπηρεσίες υγείας και πολιτισμικές δραστηριότητες. Παράλληλα, πρέπει να διασφαλίζει την ισότιμη πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες για όλους τους πολίτες και να προσφέρει ένα αίσθημα ασφάλειας και προστασίας.



Εικόνα 2.1: Δομικά στοιχεία μιας έξυπνης πόλης [14]

### 3. Ευφυή Κτίρια

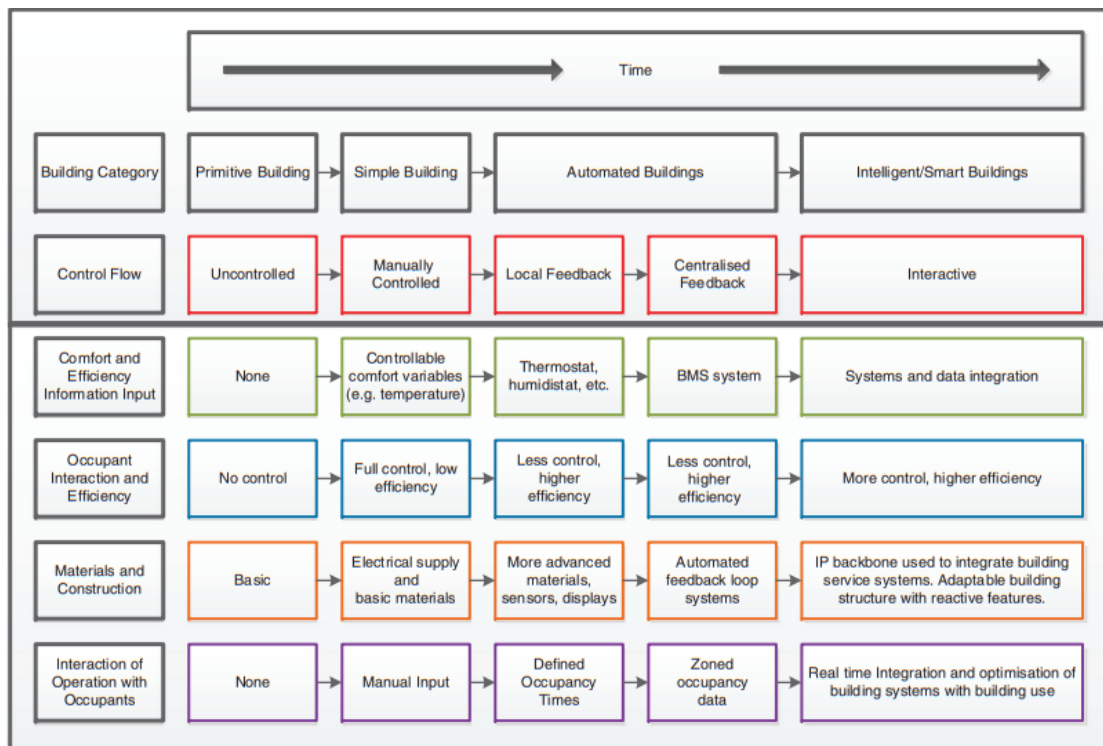
Όπως προαναφέρθηκε, τα έξυπνα κτίρια αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι των έξυπνων πόλεων και έχουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς, λόγω της γρήγορης τεχνολογικής εξέλιξης. Ανεξάρτητα από τη χρήση τους, είτε πρόκειται για κατοικίες, γραφεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα ιατρικών επιχειρήσεων ή άλλη χρήση, τα ευφυή κτίρια επηρεάζουν την καθημερινότητα των ανθρώπων και αλληλεπιδρούν με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία της έξυπνης πόλης που αποτελούν τον οικοδομικό της ιστό. Το 2018, η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε μια αναθεωρημένη οδηγία που περιλαμβάνει τον SRI και υπογραμμίζει τη σημασία του τομέα των κτιρίων στις προσπάθειες που γίνονται για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ενεργειακής κρίσης και της κλιματικής αλλαγής (17). Στην ενότητα αυτή, γίνεται μια προσπάθεια απόδοσης του ορισμού, καθώς και των κύριων χαρακτηριστικών ενός ευφυούς κτιρίου. Επίσης, γίνεται αναφορά στη σημαντικότητα των αναβαθμίσεων των υπάρχοντων συμβατικών κτιρίων, σε ευφυή κτίρια αλλά και οι προκλήσεις τους.

#### 3.1 Απόδοση Ορισμού Ευφυούς Κτιρίου

Τη δεκαετία του 1980, ξεκίνησαν οι πρώτες αναζητήσεις για να βρεθεί ένας ικανοποιητικός ορισμός για το ευφύες κτίριο. Οι πρώτοι ορισμοί επικεντρώθηκαν στην ελαχιστοποίηση της ανάγκης για ανθρώπινη παρέμβαση στη λειτουργία του κτιρίου και στα συστήματα του με σκοπό την μεγαλύτερη αυτονομία [18]. Μετά το 1980, λόγω της συνεχούς εξέλιξης των τεχνολογιών και συστημάτων που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, έχουν προστεθεί νέες πτυχές για τον ορισμό του έξυπνου κτιρίου. Πρέπει να σημειώσουμε ότι ακόμα και σήμερα, δεν υπάρχει ένας παγκοσμίως αποδεκτός ορισμός για τον όρο "έξυπνο κτίριο", και συνεχώς διαμορφώνονται νέες οριστικές αντιλήψεις. Οι πιο πρόσφατοι ορισμοί περιγράφουν τα ευφυή κτίρια ως κτίρια που επιδιώκουν τη βιωσιμότητα, την ευφυΐα και τη λειτουργικότητα μέσω της εφαρμογής έξυπνων τεχνολογιών και λογισμικών. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί ο βέλτιστος συνδυασμός μεταξύ της άνεσης και ικανοποίησης του χρήστη και της εξοικονόμησης ενέργειας. Παραδείγματα εφαρμογών που επαληθεύουν αυτόν τον ορισμό του ευφυούς κτιρίου περιλαμβάνουν τη χρήση αισθητήρων που ενεργοποιούν τον εξαερισμό όταν η ποιότητα του αέρα

είναι ανεπαρκής, τον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης μέσω κινητών τηλεφώνων, καθώς και την αυτόματη ενεργοποίηση του φωτισμού με βάση την ανίχνευση της παρουσίας ανθρώπων.

Κατά τη διάρκεια των ετών, προσπαθώντας να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους, πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στον τομέα των κατασκευών γενικά και στα υλικά και τα κτιριακά συστήματα ειδικότερα, όπως φαίνεται στην παρακάτω γραφική απεικόνιση 3.1 [[20],[21]]. Η εξέλιξη των κτιρίων από το αρχικό στάδιο στο σημερινό μπορεί να περιγραφεί ως εξής: αρχικά, τα κτίρια ήταν απλά, όπου ο χρήστης δεν είχε καμία αλληλεπίδραση ή έλεγχο στη λειτουργία τους. Στη συνέχεια, εξελίχθηκαν σε κτίρια με απλό χειρισμό, όπου ο χρήστης μπορούσε να ελέγχει χειροκίνητα τα συστήματά τους. Στη συνέχεια, εμφανίστηκαν τα αυτοματοποιημένα κτίρια, όπου τα συστήματα λειτουργούσαν αυτόματα με ελάχιστη αλληλεπίδραση από τον χρήστη. Τέλος, καταλήξαμε στα ευφυή κτίρια, όπου όλα τα συστήματα συνεργάζονται ενιαία και οργανωμένα, προσφέροντας διαδραστικότητα και αλληλεπίδραση με τον χρήστη [[20],[21]].



Εικόνα 3.1: Εξέλιξη του κτιρίου κατά τη διάρκεια του χρόνου [21]

Ένα έξυπνο κτίριο λειτουργεί με βάση μια συνεκτική και πολυσύνθετη διάρθρωση, όπου τα διάφορα συστήματα και συσκευές που βρίσκονται εντός του κτιρίου αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Σε αντίθεση με μια απλή συλλογή ασύνδετων συστημάτων, το έξυπνο κτίριο λειτουργεί ως ένα ενοποιημένο σύστημα που

συνεργάζεται και συγχρονίζεται. Η δομή του έξυπνου κτιρίου είναι οργανωμένη με τρόπο που επιτρέπει την υλοποίηση έξυπνων λειτουργιών, όπως αυτοματοποίηση και αυτόνομη διαχείριση των συστημάτων εντός του κτιρίου. Το κτίριο προσαρμόζεται συνεχώς στις ανάγκες και τις επιθυμίες των χρηστών του, χρησιμοποιώντας τεχνολογία ανίχνευσης και ανάλυσης δεδομένων. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε συνεχείς εξελίξεις και προσαρμογές στη λειτουργία του.

### ➤ Προσαρμοστικότητα

Σύμφωνα με την έρευνα των Buckman et al [20], η προσαρμοστικότητα αποτελεί την καρδιά της ευφυΐας των σύγχρονων έξυπνων κτιρίων δηλαδή είναι το χαρακτηριστικό που τα καθιστά διαφορετικά από τα παλαιότερα και συμβατικά κτίρια. Ένα σύγχρονο έξυπνο κτίριο δεν αντιδρά απλώς σε εξωτερικές παραμέτρους, όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, οι στάθμοι του φυσικού φωτός και στις επιθυμίες των χρηστών για το εσωτερικό περιβάλλον του. Αντιθέτως, συλλέγει, καταγράφει και αναλύει αυτές τις πληροφορίες με στόχο την λήψη - πρόβλεψη καταστάσεων και αποφάσεων. Το κτίριο προσαρμόζεται έξυπνα για να εξασφαλίσει ταυτόχρονα χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και την απόλυτη άνεση και ικανοποίηση των χρηστών του.

### ➤ Αλληλεπίδραση Κτιρίου – Χρήστη

Τα συστήματα ελέγχου και λειτουργίας, όπως θέρμανση, ψύξη, φωτισμός και αερισμός, μπορούν να λειτουργούν είτε πλήρως αυτόνομα είτε αυτόματα με χειροκίνητο έλεγχο. Στα απολύτως αυτόνομα συστήματα, η λειτουργία τους βασίζεται σε θεωρητικά ορισμένες κλιματικές συνθήκες και απαιτήσεις χρήσης. Αντίστοιχα, στα χειροκίνητα αυτοματοποιημένα συστήματα, όταν ο χειρισμός δεν γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο, αλλά γίνεται εκτός προδιαγραφών, δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί ακριβής και αποτελεσματική λειτουργία. Σε αυτές τις δύο περιπτώσεις, μπορούν να προκύψουν προβλήματα στην αποτελεσματικότητα λειτουργίας του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης και της αίσθησης άνεσης. Η ιδανική λύση βρίσκεται στην αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του κτιρίου, καθώς και στην προσαρμογή του κτιρίου στις συγκεκριμένες συνθήκες [[20],[21]].



Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα επιτυχημένης συνεργασίας μεταξύ ανθρώπων και έξυπνων κτιρίων, εστιάζοντας στον τομέα της κατοικίας και της εκπαίδευσης.

- Ένα έξυπνο κτίριο κατοικίας παρέχει στους κατοίκους του πληροφορίες σχετικά με τις παρούσες θερμοκρασιακές συνθήκες, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν αποφάσεις και να προβαίνουν σε δράσεις πριν φτάσουν στο κτίριο. Μέσω αυτής της προ-ενημέρωσης, είναι δυνατό να επιτευχθούν ικανοποιητικές συνθήκες εκ των προτέρων και να μειωθούν οι ανεπιθύμητες δαπάνες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ ενός έξυπνου κτιρίου και ενός αυτοματοποιημένου κτιρίου σε αυτήν την περίπτωση. Το αυτοματοποιημένο κτίριο θα προσαρμόσει αυτόματα τα συστήματα της θέρμανσης, της ψύξης και του μηχανικού αερισμού, χωρίς να ενημερώσει τον χρήστη ή να του παράσχει τη δυνατότητα να κάνει αλλαγές, βασιζόμενο σε προεπιλεγμένες προτιμήσεις ή εξωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Αντίθετα, ένα έξυπνο κτίριο θα ενημερώσει έγκαιρα τους κατοίκους και θα εκκινήσει τα επιθυμητά συστήματα μόνο μετά από έγκριση από τον χρήστη.
- Ένα έξυπνο κτίριο στον εκπαιδευτικό τομέα, όπως ένα πανεπιστήμιο, μπορεί να εφαρμόσει ένα σύστημα κρατήσεων παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται σε ξενοδοχειακές επιχειρήσεις και να το προσαρμόσει σύμφωνα με τις δικές του ανάγκες και απαιτήσεις. Αντί να επιλέγουν εκ των προτέρων το χώρο που θα χρησιμοποιήσουν, οι χρήστες θα κατευθύνονται προς μια συγκεκριμένη αίθουσα, η οποία επιλέγεται με βάση τις ζώνες και τη λειτουργία του κτιρίου κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα θέρμανσης ή ψύξης να λειτουργεί μόνο σε μια θερμική ζώνη, μειώνοντας τη σπατάλη ενέργειας και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Επιπλέον, οι πληροφορίες που θα λαμβάνονται από τους χρήστες σχετικά με την προσωπική τους εμπειρία θα χρησιμοποιηθούν για την βελτιστοποίηση και την προσαρμογή του συστήματος στο μέλλον. Σε αντίθεση, ένα αυτοματοποιημένο κτίριο θα αναγνώριζε την παρουσία ενός ατόμου μέσω αισθητήρων κίνησης και θα ενεργοποιούσε τα συστήματα ανάλογα, χωρίς να

απαιτείται ο ακριβής προσδιορισμός του αριθμού των χρηστών ή η προσαρμογή σε αυτά τα δεδομένα.

Συνεπώς, ένα έξυπνο κτίριο μπορεί να περιγραφεί ως ένα κτίριο που εκμεταλλεύεται και αξιοποιεί τις επιστημονικές προόδους, όπως η τεχνολογία του Internet of Things (IoT), την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και το υπολογιστικό νέφος (cloud computing), καθώς και τις τεχνολογικές καινοτομίες, όπως οι αισθητήρες και οι έξυπνοι μετρητές. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αρκετό για να χαρακτηρίσουμε ένα κτίριο ως έξυπνο. Το δεύτερο στοιχείο αφορά την αποτελεσματική ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών στη λειτουργία του κτιρίου, με αποτέλεσμα την επίτευξη ενεργειακής αποδοτικότητας, οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών, καθώς και αύξηση της άνεσης για τους χρήστες. Συνεπώς, ένα έξυπνο κτίριο είναι ένα βιώσιμο κτίριο που λαμβάνει υπόψη του τους παράγοντες του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνίας σε όλο τον κύκλο ζωής του, προσφέροντας ολοκληρωμένα και ισότιμα οφέλη.

### 3.2 Στοιχεία ενός Έξυπνου Κτιρίου

Το έξυπνο κτίριο είναι ένας ολοκληρωμένος συνδυασμός διαφορετικών στοιχείων. Αυτά τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, τα οποία μπορεί να είναι έξυπνα υλικά, καθώς και μηχανικά συστήματα αυτοματοποίησης με τα οποία συνεργάζονται με αισθητήρες, μετρητές, το διαδίκτυο αλλά και με ειδικό λογισμικό. Παρακάτω απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία του ευφυούς κτιρίου εικόνα 3.2 [[22],[23]].

Οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές (actuators) ανήκουν στην κατηγορία των μηχανικών στοιχείων που συνθέτουν το έξυπνο κτίριο σε συνδυασμό με τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Ο κύριος στόχος, είναι η συλλογή δεδομένων και η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων όπου μπορούν να αντλούν χρήσιμες πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων. Οι αισθητήρες ανιχνεύουν μεταβολές, όπως ποιοτικές αλλαγές στην ατμόσφαιρα, θερμοκρασία, κίνηση, προτιμήσεις των χρηστών, ή ακόμα και πιθανές διαρροές στο δίκτυο ύδρευσης εντός του κτιρίου. Υπάρχει ποικιλία αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών, που καταγράφουν πληροφορίες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία της ατμόσφαιρας και το επίπεδο φυσικού φωτισμού. Εξαιτίας της οικονομικής προσιτότητας, αυτοί οι αισθητήρες

πλέον χρησιμοποιούνται ακόμα και σε κατοικίες. Οι αισθητήρες υπέρυθρων ακτινών όπου ανιχνεύουν την ανθρώπινη παρουσία εντός του χώρου αλλά και οι βιοαισθητήρες, που παρακολουθούν την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Για την χρήση μιας κατάλληλης πλατφόρμας λογισμικού απαιτείται να γίνει σωστά η συλλογή, η αρχειοθέτηση και η μετάδοση των πληροφοριών που εξάγονται από τους αισθητήρες καθώς έχουν διάφορες στις λειτουργικές απαιτήσεις και δεν μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα. Επιπλέον, οι έξυπνες συσκευές ελέγχου προσαρμόζονται ανάλογα με τις πληροφορίες που λαμβάνουν από τους αισθητήρες, και χρησιμοποιούν διακόπτες και ενεργοποιητές για να διασφαλίσουν τα κτιριακά συστήματα να λειτουργούν ομαλά, διατηρώντας τις συνθήκες λειτουργίας εντός των επιτρεπτών ορίων.

Επιπλέον, μέσω του λογισμικού της πλατφόρμας, οι ιδιοκτήτες ή οι ενοικιαστές μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν το σύστημα θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού (HVAC). Αυτό το σύστημα λαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες από τους αισθητήρες και των συστημάτων ενεργοποίησης, εκτελεί τις απαραίτητες ενέργειες, συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3.2: Βασικά στοιχεία ενός έξυπνου κτιρίου [23]

### 3.3 Υλικά με Έξυπνες Ιδιότητες

Τα έξυπνα υλικά αποτελούν ένα πολύ σημαντικό, αν και πολλές φορές παραγνωρισμένο, στοιχείο των ευφών κτιρίων, καθώς στα συστήματα αυτοματισμού αποδίδονται τα μεγαλύτερα βάρη. Τα υλικά που αντιδρούν σε μεταβάσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως θερμοκρασία, υγρασία και φωτεινότητα, ανήκουν στην κατηγορία των έξυπνων υλικών. Αυτά τα υλικά μπορούν να μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους, βοηθώντας το κτίριο να αποκτήσει νέα χαρακτηριστικά και να βελτιώσει την ενεργειακή του απόδοση. Η εφαρμογή αυτών των υλικών στην εξωτερική επένδυση νέων και ανακαινιζόμενων κτιρίων είναι κρίσιμη για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής. Αυτό μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το συνολικό ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης. Ο σωστός σχεδιασμός της εξωτερικής επένδυσης πριν από την κατασκευή του κτιρίου, καθώς και πιθανές μεταγενέστερες αναβαθμίσεις κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής του μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη βελτιωμένης ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας των κτιρίων [24].

#### ➤ Χρήση Φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με Δομικά στοιχεία

Μια πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη πρακτική για την εξοικονόμηση ενέργειας και την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας στα κτίρια είναι η εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων. Μέσω αυτών των συστημάτων, τα φωτοβολταϊκά πάνελ αντλούν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Η επένδυση του κτιρίου με φωτοβολταϊκά πάνελ επιτρέπει στο ίδιο το κτίριο να παράγει το δικό του ηλεκτρικό ρεύμα, μειώνοντας την ανάγκη για παροχή ενέργειας από το δημόσιο δίκτυο. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη στις μεσογειακές χώρες όπως η Ελλάδα, όπου ο ήλιος είναι έντονος κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην απελευθέρωση του κτιριακού τομέα από την εξάρτησή του από τα δημόσια δίκτυα ενέργειας και να συμβάλει στην ενίσχυση της βιωσιμότητας και της αυτάρκειας των κτιρίων. Μια παρόμοια προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί και στα ανοίγματα των κτιρίων, όπως παράθυρα και γυάλινες επιφάνειες. Η χρήση διαφανών ή μερικώς διαφανών

φωτοβολταϊκών στοιχείων (Εικόνα 3.3) σε αυτά τα ανοίγματα μπορεί να συνδυάσει τη φυσική εισροή φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό επιτρέπει στο φως να διαπεράσει τις επιφάνειες και να φωτίσει το εσωτερικό του χώρου, ενώ ταυτόχρονα παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η τακτική συνδυάζει τα οφέλη του φυσικού φωτισμού με την αυτόνομη παραγωγή ενέργειας, μειώνοντας την ανάγκη για τη χρήση τεχνητού φωτισμού και εξοικονομώντας ενέργεια. Ταυτόχρονα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ηλεκτρικών συσκευών στο εσωτερικό του κτιρίου [24].



*Εικόνα 3.2: Φωτοβολταϊκοί ναλοπίνακες με ημιδιαφάνεια τοποθετημένοι σε ένα κτίριο που λειτουργεί ως εκπαιδευτικός χώρος [25]*

Επιπλέον, οι ημιδιαφανείς φωτοβολταϊκοί πάνελ μπορούν να ενσωματωθούν σε δικέλυφες κατασκευές με χώρο αερισμού, βελτιώνοντας την απόδοσή τους. Σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, αυτός ο συνδυασμός μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρισμού κατά περίπου 35%, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την οπτική και θερμική άνεση για τους χρήστες.

### ➤ Χρήση θερμικών και Φωτοχρωμικών υλικών

Πέραν της χρήσης φωτοβολταϊκών πάνελ, υπάρχει μια πληθώρα άλλων υλικών που μπορούν να εφαρμοστούν στα διαφανή δομικά στοιχεία των κτιρίων για τη μείωση των ενεργειακών απωλειών. Αντικαθιστώντας το απλό γυαλί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυναμικά μεταβαλλόμενα υλικά όπως τα θερμοχρωμικά (thermochromic) και τα φωτοχρωμικά (photochromic) υλικά [24]. Τα θερμοχρωμικά υλικά αλλάζουν χρώμα με βάση τη θερμοκρασία, ενώ τα φωτοχρωμικά υλικά αλλάζουν χρώμα ανάλογα με την ένταση του ηλιακού φωτός. Ένα παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας είναι οι υαλοπίνακες μεταβαλλόμενου χρωματισμού, οι οποίοι μπορούν να σκουρύνουν όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη και να επανέρχονται όταν η ηλιοφάνεια περιορίζεται (Εικόνα 3.3). Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να επιτύχουμε τη μείωση των ενεργειακών απωλειών και να εξασφαλίσουμε οπτική και θερμική άνεση στο εσωτερικό των χώρων, χωρίς την ανάγκη για μηχανικές παρεμβάσεις ή χρήση ηλεκτρισμού από το χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή αυτών των υλικών στα διαφανή δομικά στοιχεία συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και παρέχει άνεση στους κατοίκους, ενώ παράλληλα διατηρεί την αισθητική και λειτουργικότητα των διαφανών επιφανειών.

### ➤ Χρήση Πολυστρωματικών υαλοπινάκων

Επιπλέον, για την επίτευξη των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πολυστρωματικοί υαλοπίνακες με μεμβράνη υγρών κρυστάλλων. Αυτοί οι υαλοπίνακες έχουν οπτικές ιδιότητες που είναι μεταβαλλόμενες και ελέγχονται από την εφαρμογή. Όταν παρέχεται ηλεκτρισμός, οι κρύσταλλοι ευθυγραμμίζονται και ο υαλοπίνακας γίνεται διάφανος. Σε αντίθετη περίπτωση, στην αρχική κατάσταση, ο υαλοπίνακας εμφανίζει την υφή της αμμοβολής σε λευκή ή κάποια άλλη απόχρωση (Εικόνα 3.4). Εκτός από την δυνατότητα αλλαγής των οπτικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη, αυτά τα υλικά διακρίνονται και για την αυξημένη ενεργειακή τους απόδοση. [26].





Εικόνα 3.4: Φωτοχρωμικοί (photochromic) Υαλοπίνακες (κάτω), Θερμοχρωμικοί (thermochromic) Υαλοπίνακες (πάνω αριστερά) και μεταβλητής διαφάνειας (πάνω δεξιά)

### 3.4 Παραδείγματα ευφύων κτιρίων

Παράδειγμα ενός ευφυούς κτιρίου, αποτελεί το κτίριο το Capital Tower το οποίο είναι ένας ουρανοξύστης 52 ορόφων, 254 μέτρων (833 πόδια) που ολοκληρώθηκε το 2000 στο εμπορικό κέντρο Shenton Way - Tanjong Pagar της Σιγκαπούρης (Εικόνα 3.5). Αυτό το κτίριο χρησιμοποιεί νέες τεχνολογίες με σκοπό την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω ενός προηγμένου συστήματος διαχείρισης. Αυτό το σύστημα επιτρέπει την ακριβή παρακολούθηση, αξιολόγηση και ρύθμιση της λειτουργίας του σχεδόν όλων των στοιχείων του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ανάκτηση του κρύου αέρα μέσω ενός συστήματος ανάκτησης στο σύστημα κλιματισμού, για την διατήρηση της απόδοσης των ψυκτικών συστημάτων. Επίσης για την εξοικονόμηση ενέργειας υπάρχουν ανιχνευτές κίνησης για τον φωτισμό σε διαφορετικούς χώρους όπως στον ανελκυστήρα, στις τουαλέτες και στο λόμπι που συμβάλουν σημαντικά στην μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον διαθέτει διπλούς υαλοπίνακες που βοηθούν στη μείωση της διείσδυσης θερμότητας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και την διατήρηση της θερμότητας εσωτερικά του κτιρίου κατά τους χειμερινούς [27].



Εικόνα 3.5: Παράδειγμα ευφυούς κτιρίου - Capital Tower[27]

Άλλο ένα παράδειγμα ευφυούς κτιρίου, αποτελούν τα γραφεία του The Edge των 40,000m<sup>2</sup>, που βρίσκεται στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας. Το Edge είναι αναγνωρισμένο ως ένα από τα πιο «έξυπνα» και «πράσινα» κτίρια στον κόσμο (Εικόνα 3.6). Ο σχεδιασμός του Edge είναι εξαιρετικά ενεργειακά αποδοτικός, και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της της χρήσης ενός ευρέος φάσματος βιώσιμων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων περισσότερων από 28.000 αισθητήρων τοποθετημένων στρατηγικά σε όλο το κτίριο. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την πληρότητα, τη θερμοκρασία, την υγρασία, τα επίπεδα φωτισμού και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το κτίριο περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα IoT (internet of things), όπου συνδέει όλους τους αισθητήρες και τις συσκευές, επιτρέποντας τον κεντρικό έλεγχο και την αυτοματοποίηση. Επίσης διαθέτει έξυπνο σύστημα φωτισμού που προσαρμόζει την ένταση και τη θερμοκρασία χρώματος των φώτων με βάση το φυσικό φως της ημέρας. Ωστόσο, τα φώτα έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες και παρέχουν ατομικό έλεγχο φωτισμού στους χρήστες μέσω εφαρμογής του κινητού. Επιπλέον το κτίριο διαθέτει μια σειρά ηλιακών συλλεκτών στην οροφή, όπου αποτελεί πηγή ενέργειας και τροφοδοτεί όλη την εγκατάσταση.



Η πλεονάζουσα ενέργεια αποθηκεύεται σε συστήματα μπαταριών για μελλοντική χρήση, βελτιστοποιώντας περαιτέρω την κατανάλωση ενέργειας και μειώνοντας την εξάρτηση από το δημόσιο δίκτυο. Το Edge, παρέχει ένα άνετο κλίμα στον εσωτερικό του χώρο καθώς χρησιμοποιείται ένα προηγμένο σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC), με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας [28].



Εικόνα 3.6: Παράδειγμα ευφυούς κτιρίου - The Edge [28]

### 3.5 Προκλήσεις των Ευφύων Κτιρίων

Μέσα από την ανάλυση των έξυπνων κτιρίων που παρουσιάστηκαν, γίνεται φανερή η σπουδαιότητά τους στον τομέα της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, της μείωσης των εκπομπών ρύπων και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής των χρηστών. Με την χρήση των έξυπνων κτιρίων, δημιουργείται μια νέα, δυναμική σχέση ανάμεσα στον χρήστη και το κτίριο, καθώς δίνεται η δυνατότητα αλληλεπίδρασής τους, και παρέχοντας πληθώρα λειτουργιών που είναι σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένες. Αυτό απαλλάσσει τον χρήστη από περιττές ενέργειες και ταυτόχρονα βελτιώνει την αίσθηση άνεσης σε θερμικό, οπτικό και ακουστικό επίπεδο.

Αντίθετα, αυτές οι βελτιώσεις μπορεί να εγείρουν νέα προβλήματα και πιθανούς κινδύνους. Πρώτα, γίνεται οικονομοτεχνική μελέτη, σε περίπτωση αναβάθμισης των συστημάτων ενός κτιρίου, καθώς η αγορά και η εγκατάσταση ενός λογισμικού και

στοιχείων όπως μετρητές, αισθητήρες, αυτοματοποιημένα συστήματα αλλά και ευφυή υλικά είναι αρκετά κοστοβόρο. Όταν γίνεται εγκατάσταση περίπλοκων συστημάτων, όπως μια πλατφόρμα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας σε ένα κτίριο τριτογενούς τομέα, είναι αναγκαία η παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού, με αποτέλεσμα την αύξηση των δαπανών. Επιπλέον, η λειτουργία αυτών των συστημάτων απαιτεί τη συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων. Αυτό μπορεί να επιφέρει προβλήματα κατά την ταξινόμηση και την επεξεργασία των δεδομένων αλλά και κινδύνους που αφορούν την παραβίαση των προσωπικών δεδομένων [29]. Η αδιάκοπη ροή και η κοινοποίηση δεδομένων μέσω διαδικτύου αποτελεί βασικό απαιτούμενο σε έναν έξυπνο κτίριο, αλλά παράλληλα δημιουργεί ένα πρόβλημα. Τα προσωπικά δεδομένα τα οποία προστατεύονται από το νόμο, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για απερίσκεπτους σκοπούς. Η κλίμακα του προβλήματος είναι τεράστια και γίνεται εμφανής άμα συνυπολογιστεί κατα το πόσο εύκολο είναι ένας ιός να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό σύστημα, ακόμη και εν αγνοία του χρήστη.

Ένα μεγάλο μέρος των συστημάτων και λειτουργιών των ευφών κτιρίων εξακολουθούν να εξερευνώνται, με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητάς τους και τη μείωση των πιθανών κινδύνων. Ωστόσο, τα οφέλη που προσφέρουν τα ευφυή κτίρια υπερτερούν έναντι των κινδύνων. Η ανάπτυξη των εφαρμογών των ευφών κτιρίων είναι εξαιρετικά γρήγορη σε παγκόσμιο επίπεδο, καθιστώντας αναγκαία την ανεύρεση μιας μεθόδου αξιολόγησης της έξυπνης λειτουργίας των κτιρίων. Αυτήν την ανάγκη ήρθε να καλύψει η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της προώθησης του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας των κτιρίων. Τα ευφυή κτίρια προωθούνται από τον συγκεκριμένο δείκτη, όπου έχει στόχο την ενημέρωση των πολιτών για την αξία τους στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης αλλά και της αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών. Παρακάτω, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που προτάθηκε για τον υπολογισμό του δείκτη, με σκοπό την κατανόηση των βασικών του χαρακτηριστικών.

## 4. Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια λεπτομερής ανάλυση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI) κτιρίων. Πρώτα, παρέχεται μια οριστική καθορισμένη επεξήγηση του όρου, ακολουθούμενη από μια λεπτομερή ανάλυση των βασικών παραμέτρων που απαιτούνται, βάσει των κατευθυντήριων γραμμών που έχει καθορίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση [30]. Στο αρχικό στάδιο της διαδικασίας, παρουσιάζονται οι υπηρεσίες έτοιμες για εφαρμογή, οι οποίες υποβάλλονται σε αξιολόγηση με βάση την ύπαρξή και το επίπεδο λειτουργίας τους. Παράλληλα, αυτές οι υπηρεσίες οργανώνονται σύμφωνα με τους εννέα τεχνικούς τομείς (Domains) που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιείται μια ανάλυση των επιπτώσεων που προκύπτουν από τις ευφυείς υπηρεσίες στο κτίριο και στους χρήστες του, χρησιμοποιώντας τα κριτήρια επίδρασης (impact criteria). Τα κριτήρια επίδρασης κατηγοριοποιούνται με βάση τις τρεις λειτουργίες - κλειδιά (key-functionalities) που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό των προηγούμενων αναφερθέντων υπηρεσιών. Τέλος, μέσω της μεθόδου πολυκριτήρια ανάλυσης, η οποία χρησιμοποιεί δύο μεθόδους ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, παρουσιάζεται βήμα – βήμα η μεθοδολογία με σκοπό την εύρεση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας.

### 4.1 Ορισμός – Στόχοι Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας Κτιρίων (SRI)

Ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας, είναι επίσης γνωστός ως Smart Readiness Indicator (SRI) στην αγγλική ορολογία και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ευφυΐας των κτιρίων. Ο δείκτης εντάσσεται σε ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα που ξεκίνησε το 2018 με σκοπό να αναδείξει τη σημασία της ενσωμάτωσης προηγμένων τεχνολογιών και συστημάτων σε κτίρια (κατοικήσιμα ή μη), καθιστώντας τα έξυπνα. Ο δείκτης έχει ως στόχο να αναγνωριστεί η αξία των έξυπνων τεχνολογιών και υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται στο κτιριακό τομέα, καθώς αποτελούν μια οικονομική μέθοδο αναβάθμισης για το κτιριακό δυναμικό. Ωστόσο η αναβάθμιση των νέων εφαρμοσμένων τεχνολογιών και συστημάτων, συμβάλει σημαντικά στην μείωση κατανάλωσης ενέργειας και την κατανάλωση των φυσικών πόρων αλλά και την μείωση των λειτουργικών εξόδων. Στην προσπάθεια αυτή τα κύρια χαρακτηριστικά που αναβαθμίζονται είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα, η προσαρμογή στις ανάγκες των χρηστών αλλά και η ευελιξία δικτύου [30]. Η προώθηση του δείκτη προς τα μέλη

της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναμένεται να ενθαρρύνει την κατασκευή κτιρίων που είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτικά και να προωθήσει την αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων. Ταυτόχρονα, αναμένεται να αυξήσει το ενδιαφέρον των χρηστών για τις έξυπνες τεχνολογίες και να προσελκύσει χρηματοδοτήσεις για νέες τεχνολογίες που θα επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στα κτίρια. Αυτές οι νέες τεχνολογίες επικεντρώνονται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, απελευθερώνοντας τα κτίρια από την εξάρτησή τους από συμβατικές μορφές ενέργειας [30].

## 4.2 Ευφώς Έτοιμες Υπηρεσίες (SRS)

Η μέθοδος εύρεσης του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας βασίζεται στον προσδιορισμό των ευφώς έτοιμων υπηρεσιών (Smart Ready Services), οι οποίες υιοθετούν τις αντίστοιχες ευφυείς έτοιμες τεχνολογίες. Αυτές οι υπηρεσίες διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, περιλαμβάνοντας τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT), στις έξυπνες τεχνολογίες που βασίζονται τα καινοτόμα προϊόντα, όπως είναι πολλοί και διαφορετικού είδους αισθητήρες, έξυπνα υλικά και συσκευές. Η τρίτη κατηγορία αφορά την ταυτόχρονη εφαρμογή των δύο παραπάνω κατηγοριών που προαναφέρθηκαν, με τους αισθητήρες και τις συσκευές να εναλλάσσουν συνεχώς πληροφορίες.

Κάθε υπηρεσία ευφυούς ετοιμότητας αξιολογείται με βάση ένα επίπεδο λειτουργικότητας, το οποίο κατατάσσεται σε μια κλίμακα από 0 μέχρι 4. Το επίπεδο 0 δηλώνει την απουσία ευφυούς ετοιμότητας, ενώ το επίπεδο 4 αντιπροσωπεύει την επίτευξη του μέγιστου δυνατού βαθμού λειτουργικότητας. Οι ευφώς έτοιμες υπηρεσίες περιγράφονται λεπτομερώς στα παραρτήματα της Ευρωπαϊκής οδηγίας. Το πρώτο παράρτημα περιέχει την απλοποιημένη μέθοδο για τον υπολογισμό του δείκτη και μια περιορισμένη λίστα των υπηρεσιών που αξιολογούνται (SRI method A). Το δεύτερο παράρτημα παρέχει λεπτομερή μέθοδο και μια εκτενέστερη λίστα υπηρεσιών (SRI method B).

### 4.3 Τεχνικοί Τομείς (Domains)

Οι ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες χωρίζονται σε εννέα τεχνικούς τομείς, οι οποίοι είναι: θέρμανση (HT), ψύξη (CL), ζεστό νερό χρήσης (DHW), μηχανικός αερισμός (CV), φωτισμός (LT), δυναμικά μεταβαλλόμενο κτιριακό κέλυφος (DBE), ηλεκτρισμός (EL), φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων (EVC), παρακολούθηση και έλεγχος (MC) όπως φαίνονται και στην εικόνα 4.1. Παρακάτω, ακολουθεί μια παρουσίαση ανά τεχνικό τομέα [[30],[31]]:



Εικόνα 4.1: Τεχνικοί Τομείς [30][31]

Στην απλή μέθοδο A, έχουμε 27 υπηρεσίες στους καταλόγους των ευφυών έτοιμων υπηρεσιών, ενώ στην αναλυτική μέθοδο B, συνολικά περιλαμβάνονται 54 υπηρεσίες. Η λεπτομερής αναφορά των τεχνικών τομέων και των αντίστοιχων υπηρεσιών παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

#### ➤ Θέρμανση και Ψύξη

Η αξιολόγηση του συστήματος θέρμανσης και ψύξης σε ένα έξυπνο κτίριο βασίζεται σε 10 κατηγορίες, με τις μονάδες απόδοσης θερμότητας να κατατάσσονται ανάλογα με τον τρόπο ελέγχου τους. Η έξυπνη λειτουργία των συστημάτων λαμβάνει υπόψη διάφορα επίπεδα ελέγχου, όπως ο κεντρικός έλεγχος, ο ατομικός έλεγχος και ο έλεγχος μέσω ανίχνευσης των κατοίκων. Η διακύμανση της έξυπνης λειτουργίας των θερμαντήρων προσαρμόζεται βάσει εξωτερικής θερμοκρασίας ή της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου. Σχετικά με τις αντλίες διανομής θερμότητας, η λειτουργικότητά τους ρυθμίζεται μέσω του ελέγχου της ταχύτητας βάσει εξωτερικών σημάτων. Οι αντλίες ψύξης υιοθετούν παρόμοια επίπεδα λειτουργικότητας. Ένας ακόμη τομέας αφορά τον έλεγχο εκπομπών για τα θερμικά ενεργοποιημένα

συστήματα κτιρίων (TABS), την απόδοση διαφορετικών θερμαντήρων και τη διασύνδεση του συστήματος θέρμανσης με το δίκτυο. Η αναφορά για την απόδοση των συστημάτων θέρμανσης παραμένει συνήθως παρόμοια σε διάφορους τομείς και λαμβάνει υπόψη την πραγματική χρονική καταγραφή δεδομένων και το ιστορικό τους. Τέλος, συμπεριλαμβάνεται και η υπηρεσία αποφυγής ταυτόχρονης θέρμανσης και ψύξης (Interlock) στον ίδιο χώρο, η οποία διαμορφώνεται σε επίπεδα όπως ‘καμία σύνδεση’, ‘τμηματική σύνδεση’, και ‘ολική σύνδεση και δεν επιτρέπει ταυτόχρονη θέρμανση και ψύξη’.

### ➤ **Ζεστό νερό χρήσης**

Η αξιολόγηση του ζεστού νερού σε κτίρια κατοικίας και σε κτίρια τριτογενούς τομέα( (π.χ. σχολεία, γραφεία, κτίρια εκπαίδευσης, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.α.), βασίζεται σε πέντε κατηγορίες (Πίνακας 4.2). Κάθε κατηγορία αξιολογείται ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση. Οι πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν την θέρμανση μέσω ηλεκτρισμού ή αντλία θερμότητας. Όσο αφορά τα επίπεδα λειτουργικότητας αυτών των υπηρεσιών κυμαίνονται από απλή ενεργοποίηση/απενεργοποίηση έως την παραγωγή ενέργειας και την παροχή προς το δίκτυο. Με άλλα λόγια, αξιολογείται η δυνατότητα του συστήματος να είναι σε λειτουργία ή όχι, καθώς και η δυνατότητα να παράγει και να προσφέρει ζεστό νερό στο δίκτυο. Επιπλέον, η αλληλουχία σε περίπτωση διαφορετικών γεννητριών ζεστού νερού χρήσης και η πληροφόρηση αποτελούν κριτήρια αξιολόγησης.

### ➤ **Μηχανικός αερισμός**

Η αξιολόγηση των ελεγχόμενων συστημάτων εξαερισμού βασίζεται σε έξι κατηγορίες. Αυτές περιλαμβάνουν τη ροή του αέρα, τη θερμοκρασία του αέρα, την ανάκτηση θερμότητας, την ελεύθερη ψύξη και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (indoor air quality-IAQ). Πρώτον, εξετάζεται η ροή του αέρα στον χώρο, λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες λειτουργίες ελέγχου, που κυμαίνονται από απλή ενεργοποίηση/απενεργοποίηση έως αυτόματο έλεγχο. Δεύτερον, αξιολογείται η αποτροπή υπερθέρμανσης μέσω αισθητήρων τοποθετημένων στην εξαγωγή αέρα ή πολλαπλών αισθητήρων θερμοκρασίας. Επιπλέον, πραγματοποιείται και έλεγχος της θερμοκρασίας του αέρα, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης της θερμοκρασίας στα

συστήματα εξαερισμού. Επιπλέον, αξιολογείται η δυνατότητα ελεύθερης ψύξης μέσω νυχτερινής ψύξης και ελεύθερης ψύξης, καθώς και ο έλεγχος της κατεύθυνσης. Τέλος, μια σημαντική πτυχή αξιολόγησης είναι η ποιότητα αέρα για τον εσωτερικό χώρο (indoor air quality-IAQ), στην οποία συμπεριλαμβάνονται πληροφορίες αναφοράς.

### ➤ **Φωτισμός**

Η αξιολόγηση των φωτιστικών συστημάτων βασίζεται στον τρόπο ελέγχου του φωτισμού και στην αλληλεπίδρασή τους με το φυσικό φως σε έναν χώρο. Όσον αφορά τον έλεγχο του συστήματος φωτισμού, αξιολογούνται οι διάφορες λειτουργίες που προσφέρουν, όπως η απλή ενεργοποίηση/απενεργοποίηση (on/off), η δυνατότητα προσαρμογής της φωτεινότητας (dimnable) και η χρήση ανιχνευτών κίνησης για αυτόματο έλεγχο του φωτισμού. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση του τεχνητού φωτισμού με το φυσικό φως στον χώρο. Αυτό περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός για τον φωτισμό του χώρου και την αμείωση του τεχνητού φωτισμού ανάλογα με τη διαθεσιμότητα φυσικού φωτός, προκειμένου να επιτευχθεί βέλτιστη φωτιστική συνθήκη.

### ➤ **Δυναμικά μεταβαλλόμενο κτιριακό κέλυφος**

Η κατηγορία δυναμικά μεταβαλλόμενο κτιριακό κέλυφος αξιολογείται με βάση τριών κριτηρίων. Ένα από αυτά είναι τα συστήματα που ενσωματώνονται στα παράθυρα και βοηθούν στην σκίαση, όπου υπάρχουν κλιμακούμενα επίπεδα αξιολόγησης με βάση τον τρόπο ελέγχου τους. Αυτό μπορεί να είναι είτε χειροκίνητος έλεγχος είτε αυτόματος έλεγχος είτε συνδυασμένα με τον έλεγχο του φωτός/ρολών/ζεστού νερού χρήσης. Επιπλέον, λαμβάνεται υπόψη ο έλεγχος ανοίγματος/κλεισίματος των παραθύρων που γίνεται σε συνδυασμό με τα συστήματα HVAC και τις πληροφορίες που παρέχονται σχετικά με την απόδοση των συστημάτων του κτιριακού κελύφους.

### ➤ **Ηλεκτρισμός**

Η αξιολόγηση του ηλεκτρισμού βασίζεται σε επτά κριτήρια. Ένα από αυτά είναι η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αξιολογείται με βάση την τεχνολογία που



χρησιμοποιείται για την αποθήκευση. Επιπλέον, αξιολογείται η βελτιστοποίηση της αυτοκατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται τοπικά, η οποία εξαρτάται από ένα προγραμματισμένο η αυτόματο σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητα ανανεώσιμης ενέργειας και τις προβλεπόμενες ενεργειακές ανάγκες. Επίσης, αξιολογείται η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με βάση διάφορα επίπεδα ελέγχου, τα οποία βασίζονται στην προγραμματισμένη διαχείριση, τη διαθεσιμότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη συσχέτισή τους με το δίκτυο. Το κριτήριο αξιολόγησης περιλαμβάνει επίσης την υποστήριξη των λειτουργιών του δικτύου, η οποία καθορίζεται με βάση τη διακύμανση στον αυτοματοποιημένο έλεγχο για την παραγωγή και την κατανάλωση ηλεκτρισμού. Τέλος, η αξιολόγηση σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρική ενέργειας τοπικά, την αποθήκευση της ενέργειας και την κατανάλωση ηλεκτρισμού βασίζεται σε πληθώρα δεδομένων. Αυτά περιλαμβάνουν τιμές, ιστορικά στοιχεία κατανάλωσης, πραγματικού χρόνου ανατροφοδότηση και απόδοση, με στόχο τη σύντομη παρουσίαση.

#### ➤ **Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος**

Σε τρία κριτήρια βασίζεται η αξιολόγηση της φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος. Αρχικά, αναφέρεται η χωρητικότητα φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων και εξαρτάται από το θέσεις στάθμευσης που εκφράζεται ως ποσοστό, που διαθέτουν σημεία φόρτισης. Επιπλέον, αξιολογείται η ισορροπία του δικτύου (EV) φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη την ανεξέλεγκτη φόρτιση, την ελεγχόμενη φόρτιση μονής κατεύθυνσης και την ελεγχόμενη φόρτιση διπλής κατεύθυνσης.

#### ➤ **Παρακολούθηση και έλεγχος**

Η κατηγορία αυτή βασίζεται σε οκτώ διαφορετικές πτυχές. Εκτιμούνται τα κύρια στοιχεία που σχετίζονται με τη διαχείριση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Επιπλέον, εξετάζεται η δυνατότητα ανίχνευσης πιθανών προβλημάτων στα τεχνικά συστήματα του κτιρίου. Αξιολογείται επίσης η ικανότητα ανίχνευσης των συνδεδεμένων υπηρεσιών, η κεντρική αναφορά της απόδοσης του TBS και της χρήσης ενέργειας, η ενσωμάτωση



σε ένα έξυπνο δίκτυο, καθώς και η αλληλεπίδραση με τον Διαχειρισμό Ζήτησης Ενέργειας (Demand Side Management - DSM).

Παρακάτω, γίνεται μια παρουσίαση των πινάκων (4.1 μέχρι 4.9) στην οποία μπορούμε να διακρίνουμε τους βαθμούς λειτουργικότητας ανάλογα με την επιλεγόμενη μέθοδο με την οποία εκτιμάται ο δείκτης δηλαδή την Μέθοδο Α και την Μέθοδο Β [[30],[31]].

## 1. Θέρμανση

Πίνακας 4.1: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα – Θέρμανση [30]

ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Έλεγχος απόδοσης Θερμότητας	0 - 4	A,B
Έλεγχος εκπομπών TABS (λειτουργία θέρμανσης)	0 - 3	B
Έλεγχος θερμοκρασίας ρευστού διανομής (εφαρμογή ίδιας λογικής και για δίκτυα θέρμανσης με ηλεκτρισμό)	0 - 2	A,B
Έλεγχος αντλιών διανομής	0 - 4	B
Αποθήκευση θερμικής ενέργειας	0 - 3	B
Έλεγχος παραγωγής θερμότητας (εξαιρούνται οι αντλίες)	0 - 2	A,B
Έλεγχος παραγωγής θερμότητας (για αντλίες)	0 - 3	A,B
Αλληλουχία σε περίπτωση διαφορετικών συστημάτων παραγωγής θερμότητας (υπάρχουν τουλάχιστον 2 διαφορετικά συστήματα)	0 - 4	B
Πληροφόρηση χρηστών σχετικά με την απόδοση συστήματος θέρμανσης	0 - 4	A,B
Ευελιξία και αλληλεπίδραση με το δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού	0 - 4	B

## 2. Ζεστό Νερό Χρήσης

Πίνακας 4.2: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Ζεστό νερό χρήσης [30]

ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Έλεγχος συστημάτων παραγωγής (χρήση ηλεκτρισμού ή αντλίας θερμότητας)	0 - 2	A
	0 - 3	B
Ευελξία συστημάτων παραγωγής	0 - 2	A
	0 - 3	B
Έλεγχος συστημάτων παραγωγής (χρήση ηλιακού συλλέκτη και συμπληρωματικά συστήματος θέρμανσης)	0 - 3	B
Αλληλουχία σε περίπτωση διαφορετικών συστημάτων παραγωγής ZNX	0 - 4	B
Πληροφορίες σχετικά με το ζεστό νερό χρήσης (Ένδειξη πραγματικών τιμών (π.χ. θερμοκρασίες, κατανάλωση ενέργειας υπομετρήσεων)	0 - 4	A,B

## 3. Ψύξη

Πίνακας 4.3: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα – Ψύξη [30]

ΨΥΞΗ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Έλεγχος απόδοσης ψύξης	0 - 4	A,B
Έλεγχος εκπομπών TABS (λειτουργία ψύξης)	0 - 3	B
Έλεγχος θερμοκρασίας δικτύου διανομής νερού ψύξης (παροχή ή επιστροφή)	0 - 2	B
Έλεγχος αντλιών δικτύου διανομής νερού ψύξης	0 - 4	B

Έλεγχος για αποφυγή ταυτόχρονης θέρμανσης και ψύξης	0 - 2	B
Έλεγχος αποθήκευσης θερμικής ενέργειας	0 - 3	B
Έλεγχος συστήματος ψύξης	0 - 3	A,B
Έλεγχος αλληλουχίας συστημάτων ψύξης	0 - 4	B
Αναφορά πληροφοριών σε σχέση με το σύστημα ψύξης	0 - 4	A,B
Ευελξία και αλληλεπίδραση με το δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού	0 - 4	A,B

#### 4. Μηχανικός Αερισμός

Πίνακας 4.4: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα – Μηχανικός αερισμός [30]

ΑΕΡΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Έλεγχος παροχής αέρα σε επίπεδο δωματίου	0 - 4	A,B
Έλεγχος ροής αέρα και πίεσης σε επίπεδο χειριστή	0 - 4	B
Έλεγχος ανάκτησης θερμότητας: Αποφυγή υπερθέρμανσης	0 - 2	B
Έλεγχος θερμοκρασίας αέρα σε επίπεδο συσκευής	0 - 3	B
Ελεύθερη ψύξη με χρήση συστήματος μηχανικού αερισμού	0 - 3	B
Αναφορά πληροφοριών σχετικά με το σύστημα μηχανικού αερισμού	0 - 3	A,B

#### 5. Φωτισμός

Πίνακας 4.5: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Φωτισμός [30]

ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
----------	---------	---------

Έλεγχος εσωτερικού φωτισμού	0 - 3	A,B
Έλεγχος τεχνητού φωτισμού βάσει επιπέδων του φυσικού	0 - 4	B

## 6. Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος

Πίνακας 4.6: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος [30]

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Έλεγχος σκίασης παραθύρων	0 - 4	A,B
Έλεγχος ανοίγματος/κλεισίματος παραθύρων σε συνδυασμό με συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και κλιματισμού	0 - 3	B
Παροχή πληροφόρησης σχετικά με την απόδοση δυναμικών συστημάτων κελύφους του κτιρίου	0 - 4	A,B

## 7. Ηλεκτρισμός

Πίνακας 4.7: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Ηλεκτρισμός [30]

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	0 - 4	A,B
Αποθήκευση τοπικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας	0 - 4	A,B
Βελτιστοποίηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται τοπικά	0 - 3	B
Έλεγχος σταθμού συμπαραγωγής θερμότητας και ενέργειας	0 - 2	B
Υποστήριξη λειτουργίας μικρών δικτύων	0 - 3	B
Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την αποθήκευση ηλεκτρικής	0 - 4	A,B

ενέργειας		
Αναφορά πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	0 - 4	A,B

## 8. Φόρτιση Ηλεκτρικού Οχήματος

Πίνακας 4.8: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων [30]

ΦΟΡΤΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Χωρητικότητα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	0-4	A,B
Έλεγχος δικτύου φόρτισης	0-2	A,B
Πληροφόρηση για φόρτιση και συνδεσιμότητα	0-2	A,B

## 9. Παρακολούθηση και Έλεγχος

Πίνακας 4.9: Υπηρεσίες τεχνικού τομέα - Παρακολούθηση και έλεγχος [30]

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ
Διαχείριση χρόνου εκτέλεσης συστημάτων HVAC (συστήματα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, κλιματισμού)	0 - 3	B
Ανίχνευση σφαλμάτων TBS (τεχνικών συστημάτων) και παροχή υποστήριξης	0 - 3	B
Έλεγχος δια δραστηκότητας τεχνικών συστημάτων TBS (τεχνικών συστημάτων)	0 - 2	B
Πληροφόρηση για την λειτουργία TBS (τεχνικών συστημάτων) και χρήσης ενέργειας	0 - 3	A,B
Ενσωμάτωση έξυπνου δικτύου	0 - 2	A,B

Αναφορά πληροφοριών σχετικά με τη διαχείριση της λειτουργίας και επίδοσης των συστημάτων	0 - 2	B
Παράκαμψη συστήματος διαχείρισης ζήτησης	0 - 4	B
Έλεγχος - συντονισμός TBS (τεχνικών συστημάτων) και βελτιστοποίηση ροής ενέργειας βάσει πληρότητας χώρου, καιρικών συνθηκών και λειτουργία δικτύου	0 - 3	A,B

#### 4.4 Κριτήρια Επίδρασης (Impact Criteria)

Σημαντικές επιδράσεις έχουν οι ευφυώς έτοιμες υπηρεσίες όσο αφορά την λειτουργία του κτιρίου, τους χρήστες αλλά και την ενεργειακή απόδοση. Αυτές οι επιδράσεις αξιολογούνται και ποσοτικοποιούνται μέσω κριτηρίων επίδρασης και είναι συνολικά επτά. Ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας προσδιορίζεται με βάση τις βαθμολογίες που αντιστοιχούν σε κάθε τεχνικό τομέα, οι οποίες εξαρτώνται από τις αντίστοιχες βαθμολογίες των κριτηρίων επίδρασης [30]. Στην παρακάτω εικόνα 4.2 αναλύονται τα κριτήρια επίδρασης:



Εικόνα 4.2: Κριτήρια Επίδρασης [[34],[35]]

##### ➤ Ενεργειακή απόδοση

Αυτό το κριτήριο επικεντρώνεται στον τρόπο με τον οποίο οι έξυπνες υπηρεσίες επηρεάζουν την εξοικονόμηση ενέργειας. Δεν εξετάζει τη συνολική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, αλλά εστιάζεται αποκλειστικά στο μέρος που συνδέεται με αυτές τις υπηρεσίες και επηρεάζεται από τη χρήση τους. Παράδειγμα αυτού, είναι η προσαρμογή της θερμοκρασίας σε κάθε ξεχωριστό δωμάτιο, ανάλογα με τις διαφορετικές απαιτήσεις θερμοκρασίας, με σκοπό τη μείωση της ανεξάρτητης κατανάλωσης ενέργειας.

### ➤ **Ευελιξία δικτύου και αποθήκευση**

Ένα κύριο χαρακτηριστικό των έξυπνων κτιρίων είναι η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση του κελύφους του κτιρίου για να μειωθούν οι απώλειες ενέργειας και την παραγωγή ενέργειας από το ίδιο το κτίριο, χρησιμοποιώντας κυρίως ανανεώσιμες πηγές όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον, μπορεί η παραγόμενη ενέργεια να αποθηκεύεται με σκοπό τη χρήση της κατά τις περιόδους που το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο βρίσκεται σε μέγιστο φορτίο, κάτι που συνήθως συμβαίνει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης χρήσης κλιματιστικών συστημάτων.

### ➤ **Συντήρηση και πρόβλεψη σφαλμάτων**

Η πρόβλεψη πιθανών σφαλμάτων και η αυτόματη διάγνωση μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή στη βελτιστοποίηση των συντηρήσεων τεχνικών συστημάτων και στον έλεγχο της αποδοτικότητας της λειτουργίας τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες ενέργειας και οι πιθανότητες εκδήλωσης σφαλμάτων κατά έναν υψηλό βαθμό, που μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή υλικών και συσκευών.

### ➤ **Άνεση**

Ο όρος "άνεση" αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ένα άτομο αισθάνεται και αντιλαμβάνεται τις συνθήκες εντός του χώρου που διαμένει, είτε αυτό είναι συνειδητό είτε υποσυνειδητό. Αυτή η κατάσταση επιτυγχάνεται όταν οι εσωτερικές συνθήκες του χώρου δεν απασχολούν τον χρήστη και μπορεί να περιλαμβάνει την οπτική άνεση, τη θερμική άνεση και την ακουστική άνεση. Οι δύο πρώτες κατηγορίες άνεσης συνδέονται συχνά με διαδικασίες που ελέγχονται δυναμικά και επιτυγχάνονται με τη χρήση έξυπνων υπηρεσιών. Αντίθετα, η ακουστική άνεση εξαρτάται από τη δόμηση του χώρου και τη χρήση ηχομονωτικών υλικών.

### ➤ **Ευκολία**

Το κριτήριο αυτό αφορά τις επιπτώσεις των έξυπνων υπηρεσιών που στοχεύουν στη διευκόλυνση της καθημερινής ζωής του χρήστη, δηλαδή με την μείωση της ανάγκης για χειροκίνητες ενέργειες. Συγκεκριμένα, αναφέρεται σε αυτοματοποιημένα

συστήματα που λειτουργούν χωρίς την ανάγκη για παρέμβαση ή χειροκίνητο χειρισμό από τον άνθρωπο.

#### ➤ **Υγεία και ευημερία**

Οι συνθήκες εσωτερικού χώρου έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών, ειδικά σε μακροπρόθεσμο επίπεδο. Ένα ακόμα παράδειγμα είναι η παρακολούθηση και διασφάλιση της ποιότητας του αέρα που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Με τη χρήση έξυπνων συσκευών, μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα του εσωτερικού αέρα και να οδηγήσει σε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον με μείωση των ρύπων και των επιβλαβών ουσιών σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους αερισμού, οι οποίες εξαρτώνται από την πρωτοβουλία του χρήστη (π.χ. ανοίγματα παραθύρων). Αυτό μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων που διαμένουν, μειώνοντας τον κίνδυνο αναπνευστικών προβλημάτων, αλλεργιών και άλλων συναφών παθήσεων.

#### ➤ **Ενημέρωση των χρηστών**

Βάσει αυτού του κριτηρίου, γίνεται αξιολόγηση των πληροφοριών που λαμβάνει ο χρήστης από τη λειτουργία του κτιρίου. Με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών, ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει δεδομένα όπως είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τα ποσοστά υγρασίας αλλά και η θερμοκρασία. Παρόλα αυτά, με τη συνεχή επέκταση των έξυπνων συσκευών και την υψηλή ταχύτητα του διαδικτύου (5G), καθώς οι πληροφορίες που ανταλλάσσουν οι συσκευές μεταξύ τους αποτυπώνονται σε πραγματικό χρόνο.

### **4.5 Λειτουργίες Κλειδιά (Key Functionalities)**

Τα κριτήρια επίδρασης που αναφέραμε σε προηγούμενη παράγραφο συνδέονται με τις τρεις λειτουργίες - κλειδιά και αναφέρονται στην Εικόνα 4.3. Παρακάτω, αναλύονται οι εξής λειτουργίες [30]:





Εικόνα 4.3: Βασικές κατηγορίες των λειτουργιών - κλειδιών

## A. Ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία

Όπως προαναφέρθηκε, σημαντικό χαρακτηριστικό για ένα έξυπνο κτίριο είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Η κύρια προτεραιότητα είναι η μείωση των εκπομπών επιβλαβών ρύπων κατά τη λειτουργία του κτιρίου, και αυτό επιτυγχάνεται μέσω των ευφών υπηρεσιών. Η κεντρική ιδέα είναι η επίτευξη μέγιστης ενεργειακής αποδοτικότητας, η οποία επιτρέπει στο κτίριο να προσαρμόζεται δυναμικά στις συνθήκες που επικρατούν. Ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτής της αρχής είναι η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, μπορεί να χρησιμοποιείται κατά τις καιρικές συνθήκες όπου η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια ή κρίσιμων ενεργειακών αναγκών είναι μεγάλη.

## B. Ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών

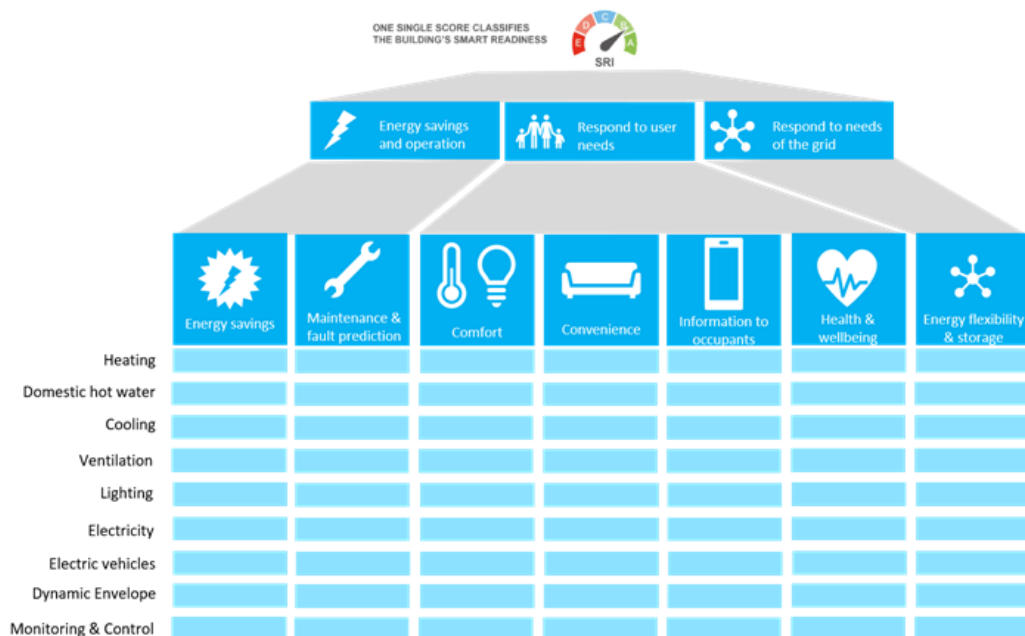
Η χρήση των έξυπνων τεχνολογιών βοηθά στην επίτευξη μιας αρμονικής κατάστασης στο εσωτερικό του κτιρίου, αυτές οι τεχνολογίες είναι φιλικές προς τον χρήστη και έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν και να προσαρμόζουν τις συνθήκες προκειμένου να παρέχουν οπτική, ακουστική και θερμική άνεση. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών των τεχνολογιών περιλαμβάνουν την αυτόνομη λειτουργία τους, χωρίς την ανάγκη για παρέμβαση από τον χρήστη, καθώς και την παροχή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του εσωτερικού περιβάλλοντος.

## C. Ευελιξία δικτύου

Ένα πολύ βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα κράτη είναι η ανεπάρκεια ενέργειας για να καλύψουν την ζήτηση κατά την διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν τα κλιματιστικά συστήματα χρησιμοποιούνται επανειλημμένα. Μια λύση που προσφέρεται είναι ένα κτίριο το οποίο διαθέτει φωτοβολταϊκά συστήματα να εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια

κατά τις ώρες που επικρατεί ηλιοφάνεια, ώστε να προγραμματίζει την λειτουργία των ενεργοβόρων συσκευών για τις ώρες αυτές αλλά και να αποδεσμεύεται από την χρήση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως προαναφέρθηκε, τα επτά κριτήρια επίδρασης (Impact Criteria) μπορούν να ομαδοποιηθούν βάσει των ακόλουθων βασικών λειτουργιών - κλειδιών που παρουσιάζονται στην εικόνα 4.4. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν η συντήρηση και η πρόβλεψη σφαλμάτων και η ενεργειακή εξοικονόμηση. Στη δεύτερη κατηγορία συγκαταλέγονται η άνεση, η λειτουργικότητα, η υγεία - ευημερία και η πληροφόρηση των χρηστών. Τέλος, το κριτήριο ενεργειακής ευελιξίας και αποθήκευσης ανήκει στην τρίτη κατηγορία.

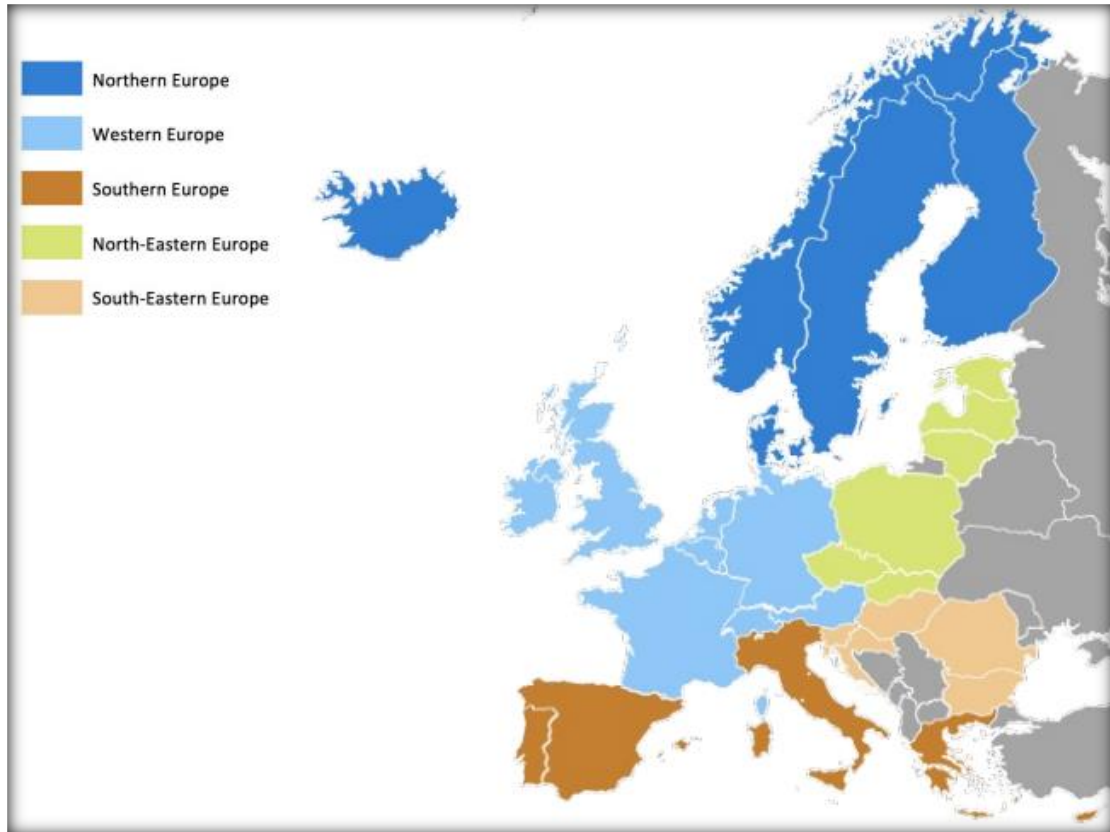


Εικόνα 4.4: Κατηγοριοποίηση κριτηρίων επίδρασης ανά λειτουργία - κλειδί [30]

## 4.6 Κατηγοριοποίηση Κτιρίων

Τα κτίρια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κτίρια κατοικίας και σε κτίρια τριτογενούς τομέα (π.χ. σχολεία, γραφεία, κτίρια εκπαίδευσης, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.α.). Ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες υπάρχουν διαφορές, που αφορούν τους συντελεστές βαρύτητας για τους τεχνικούς τομείς ενώ για τα κριτήρια επίδρασης παραμένουν ίδιοι. Ένας επιπλέον διαχωρισμός μπορεί να γίνει βάσει της γεωγραφικής θέσης του κτιρίου. Στην ευρωπαϊκή ήπειρο, υπάρχουν 5 κλιματικές

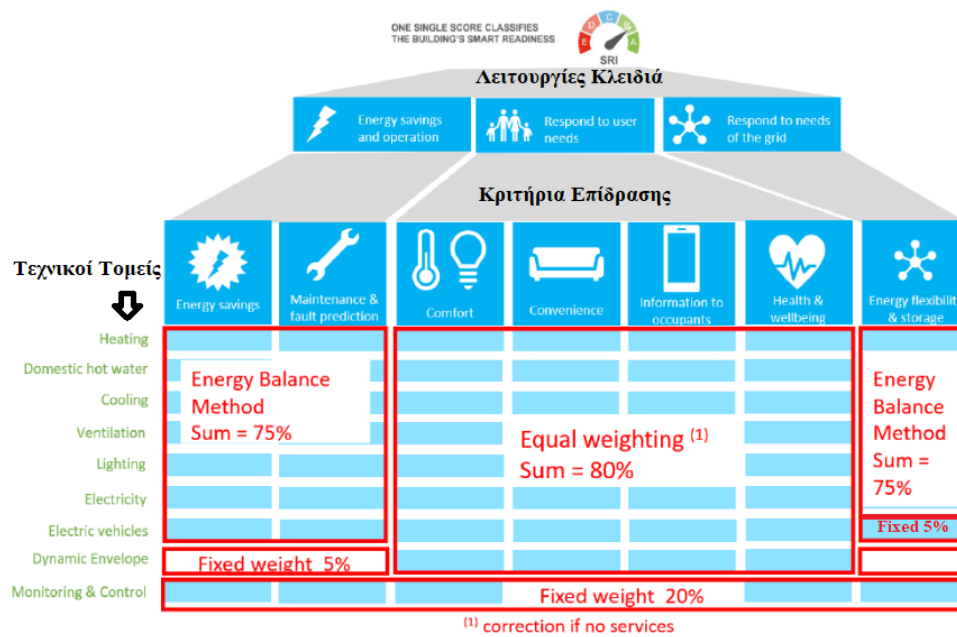
ζώνες: δυτική, βορειοανατολική, βόρεια, νοτιοανατολική και νότια Ευρώπη (εικόνα 4.5). Ειδικότερα, η Ελλάδα ανήκει στο Νότιο – Ανατολικό (Ζώνη) κομμάτι της Ευρώπης.



Εικόνα 4.5: Κατηγορίες Κλιματικών Ζωνών – Ε.Ε

#### 4.7 Απόδοση Βαρών στους Τεχνικούς Τομείς

Οι τεχνικοί τομείς ανέρχονται συνολικά σε εννέα. Σε καθέναν από αυτούς, αποδίδεται ένα βάρος, για κάθε ένα από τα επτά κριτήρια επίδρασης και εκφράζεται ως ποσοστό. Το συνολικό άθροισμα των βαρών ανέρχεται στο 100% για ένα κριτήριο επίδρασης. Στη δεύτερη τεχνική μελέτη αναφέρονται τρεις κατηγορίες συντελεστών βαρύτητας. Αυτές περιλαμβάνουν τους σταθερούς συντελεστές, τους ισοδύναμους συντελεστές και τους μεταβλητούς συντελεστές. Μέσω του ενεργειακού ισοζυγίου της κάθε χώρας υπολογίζονται οι τρεις κατηγορίες των συντελεστών βαρύτητας, οι οποίοι είναι οι σταθεροί, οι ισοδύναμοι και οι μεταβλητοί συντελεστές (Εικόνα 4.6) [30].



Εικόνα 4.6: Απόδοση βαρών στους τεχνικούς τομείς ανά κριτήριο επίδρασης

- **Σταθερά βάρη:** Αρχικά, τα βάρη αυτά που αποδίδονται σε κάθε κριτήριο επιδράσεων δεν εξαρτώνται από τον τύπο του εξεταζόμενου κτιρίου ή την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει. Συγκεκριμένα, στον τεχνικό τομέα της παρακολούθησης και ελέγχου αποδίδεται ένα σταθερό βάρος στο 20% για όλα τα κριτήρια επίδρασης. Επίσης αποδίδεται ένα βάρος 5% για τον τεχνικό τομέα του δυναμικά μεταβαλλόμενου κελύφους για τα κριτήρια επίδρασης της ενεργειακής εξοικονόμησης αλλά και της συντήρησης και πρόβλεψης σφαλμάτων. Τέλος, ο τεχνικός τομέας της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων αποδίδεται ένα βάρος στο 5% για το κριτήριο επίδρασης ευελιξία δικτύου και αποθήκευση.
- **Ισοδύναμα βάρη:** Αυτά τα βάρη βασίζονται στα κριτήρια επίδρασης που ανήκουν στην λειτουργία – κλειδί της ικανότητας ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών, δηλαδή την άνεση, τη ευκολία, υγεία και ευημερία και την ενημέρωση των χρηστών, πέραν της συντήρησης και πρόβλεψης σφαλμάτων. Ο υπολογισμός τους προκύπτει ως εξής:

$$1) \quad f_{domain,imp\ criterion} = \frac{100 - \Sigma(fixed\ weights)}{number\ of\ relevant\ domains}$$

Όπου,  $f_{domain,imp\ criterion}$  είναι το βάρος του τομέα ανά κριτήριο επίδρασης.

- **Βάρη ενεργειακού ισοζυγίου:** Σε αυτήν την κατηγορία η κλιματική ζώνη αλλά και ο τύπος του κτιρίου παίζουν σημαντικό ρόλο στο υπό εξέταση κτίριο. Για τους τεχνικούς τομείς της θέρμανσης, ZNX, μηχανικός αερισμός φωτισμός και ηλεκτρισμός, για τα κριτήρια επίδρασης της ενεργειακής εξοικονόμησης, συντήρησης και πρόβλεψης σφαλμάτων και ευελιξία δικτύου και αποθήκευση. Ο υπολογισμός τους προκύπτει σύμφωνα με τον παρακάτω γινόμενο:

$$2) \quad f_{domain,imp\ criterion} = (100 - \Sigma(fixed\ weights)) \times \alpha_{domain} ,$$

Όπου **fixed weights** είναι τα σταθερά βάρη και  $\alpha_{domain}$  είναι η σχετική σημασία του τομέα στο ενεργειακό ισοζύγιο (Πίνακας 4.10 και Πίνακας 4.11). Ο καθορισμός των τιμών του συντελεστή  $\alpha_{domain}$  έγινε μέσω στατιστικών αναλύσεων των ενεργειακών αναγκών για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης [30].

Ένα **εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού των βαρών του ενεργειακού ισοζυγίου** είναι να δοθεί στον εκτιμητή η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το ενεργειακό ισοζύγιο που αναφέρεται συγκεκριμένα στο κτίριο που αξιολογεί. Για παράδειγμα, στα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πληροφορία που αφορά την χρήση πρωτογενούς ενέργειας για τους έξι τομείς και να υπολογισθούν οι συντελεστές  $\alpha_{domain}$  σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

$$3) \quad \alpha_{domain} = \frac{Q_{domain}}{Q_{total}}$$

Όπου,

$$Q_d = \{Q_{Heating}, Q_{Domestic\ Hot\ Water}, Q_{Cooling}, Q_{Ventilation}, Q_{Lighting}, Q_{Renewables}\}$$

$$Q_t = Q_{Heating} + Q_{DHW} + Q_{Cooling} + Q_{Ventilation} + Q_{Lighting} + Q_{Renewables}$$

Υπολογισμός του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας (SRI) σε Κτίριο Κατοικίας του Δήμου Κύμης – Αλιβερίου  
Ιωάννης Κοτρόζος

RESIDENTIAL	WEIGHTINGS	North	West	South	North-East	South-East
	Heating	39,9	45,3	42,2	40,5	27,5
	DHW	12,4	10,2	13,3	18,6	7,7
	Cooling	0,0	4,1	9,2	0,0	19,5
	Ventilation	25,0	23,8	12,3	25,4	14,4
	Lighting	4,9	2,0	3,6	0,8	1,2
	Electricity	17,8	14,8	19,5	14,7	29,6

Πίνακας 4.10: Συντελεστής στάθμισης adomain ανά κλιματική ζώνη – Κτίρια κατοικίας [30]

NON RESIDENTIAL	WEIGHTINGS	North	West	South	North-East	South-East
	Heating	41,8	36,4	40,3	39,0	38,3
	DHW	7,2	11,0	14,3	12,5	15,4
	Cooling	12,5	16,9	15,7	11,2	9,9
	Ventilation	26,2	19,1	11,7	24,4	20,1
	Lighting	10,4	13,8	16,0	9,7	11,9
	Electricity	2,0	2,8	2,1	3,1	4,4

Πίνακας 4.11: Συντελεστής σχετικής σημασίας τομέα ανά κλιματική ζώνη - Κτίρια άλλων χρήσεων [30]

Σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως, παρουσιάζονται οι παρακάτω πίνακες 4.12 και 4.13 όπου αποδίδονται βάρη στους τεχνικούς τομείς για το κάθε κριτήριο επίδρασης, εστιάζοντας αποκλειστικά στην συγκεκριμένη κλιματική ζώνη λόγω του ότι το υπό εξέταση κτίριο βρίσκεται Νότιο - Ανατολική Ευρώπη και συγκεκριμένα στην Ελλάδα.

residential		DOMAIN WEIGHTINGS						
North Europe		Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
Heating	0,30	0,43	0,16	0,1	0,2	0,31	0,11	
Domestic hot water	0,09	0,13	0,00	0,1	0	0,10	0,11	
Cooling	0,00	0,00	0,16	0,1	0,20	0,00	0,11	
Ventilation	0,19	0,00	0,16	0,1	0,20	0,20	0,11	
Lighting	0,04	0,00	0,16	0,1	0,00	0,00	0,00	
Electricity	0,13	0,19	0,00	0,1	0,00	0,14	0,11	
Dynamic building envelope	0,05	0	0,16	0,1	0,20	0,05	0,11	
Electric vehicle charging	0	0,05	0	0,1	0,00	0	0,11	
Monitoring and control	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20	0,2	0,2	

Πίνακας 4.12: Κτίρια κατοικίας - Απόδοση βαρών τεχνικών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης [30]

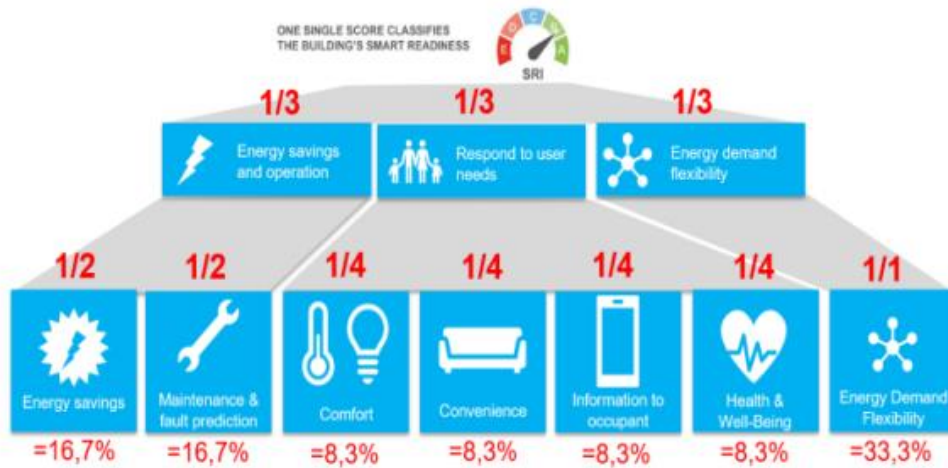
non-residential		DOMAIN WEIGHTINGS						
North Europe		Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
Heating	0,31	0,49	0,16	0,1	0,2	0,35	0,11	
Domestic hot water	0,05	0,08	0,00	0,1	0	0,06	0,11	
Cooling	0,09	0,15	0,16	0,1	0,2	0,10	0,11	
Ventilation	0,20	0,00	0,16	0,1	0,20	0,22	0,11	
Lighting	0,08	0,00	0,16	0,1	0,00	0,00	0,00	
Electricity	0,02	0,02	0,00	0,1	0,00	0,02	0,11	
Dynamic building envelope	0,05	0	0,16	0,1	0,20	0,05	0,11	
Electric vehicle charging	0	0,05	0	0,1	0,00	0	0,11	
Monitoring and control	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	

Πίνακας 4.13: Κτίρια τριτογενούς τομέα - Απόδοση βαρών τεχνικών τομέων ανά κριτήριο επίδρασης [30]

## 4.8 Απόδοση Βαρών Κριτηρίων Επίδρασης

Για να καθοριστούν τα βάρη των κριτηρίων επίδρασης, ο συντελεστής SRI χωρίζεται σε τρεις βασικές λειτουργίες - κλειδιά, υποθέτοντας ότι έχουν ίση σημασία. Κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες-κλειδιά λαμβάνει ένα βάρος ίσο με 1/3 του συνολικού συντελεστή SRI, ο οποίος είναι ίσος με 1. Οι τρεις βασικές λειτουργίες – κλειδιά αντιστοιχίζονται με κάθε ένα από τα κριτήρια επίδρασης που είναι στο σύνολο επτά, με κάθε κριτήριο να έχει ένα μοναδικό βάρος για την κάθε λειτουργία. Όλα θεωρούνται εξίσου σημαντικά και ισοβαρή όσον αφορά την αντίστοιχη λειτουργία τους.

- Για την λειτουργία - κλειδί «ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία», τα κριτήρια επίδρασης είναι δύο και αφορούν την **ενεργειακή εξοικονόμηση** και την **συντήρηση και πρόβλεψη σφαλμάτων**, όπου καταλαμβάνουν βάρος ίσο με 16,7%.
- Για τη λειτουργία - κλειδί «προσαρμογή στις ανάγκες των χρηστών», της αντιστοιχούν τα κριτήρια επίδρασης τα οποία είναι η **άνεση**, η **λειτουργικότητα**, η **υγεία και ευημερία** και η **ενημέρωση των χρηστών** και βαθμολογούνται με ένα ποσοστό 8,3%.
- Για τη λειτουργία – κλειδί «ευελιξία», που της αντιστοιχεί το κριτήριο επίδρασης αφορά την **ευελιξία δικτύου και αποθήκευση** και λαμβάνει ποσοστό βάρους ίσο με 33,3%.



Εικόνα 4.7: Άθροισμα βαρών των κριτηρίων επίδρασης για τις 3 λειτουργίες - κλειδιά [30]

## 4.9 Διαδικασία Επιλογής Υπηρεσιών

Όπως έχει αναφερθεί, το πρώτο βήμα, που είναι και το πλέον κρίσιμο, στη μεθοδολογία για τον υπολογισμό του δείκτη όπου πρέπει να πραγματοποιηθεί μια αναγνώριση και καταγραφή των υπηρεσιών που αφορούν το εξεταζόμενο κτίριο. Αυτό το βήμα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή λόγω της πολυπλοκότητας της διαδικασίας επιλογής. Αυτό συμβαίνει επειδή οι οικοδομικοί κανονισμοί και οι κλιματικές συνθήκες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, και συχνά ορισμένες υπηρεσίες θεωρούνται μη σχετικές, μη εφαρμόσιμες ή μη θεμιτές. Ωστόσο, οι υπηρεσίες που απαιτούνται να υπάρχουν σύμφωνα με τους κανονισμούς, συμπεριλαμβάνονται στην αξιολόγηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας.

### 4.9.1 Κατηγορίες Ευφών Υπηρεσιών

Στην προσπάθεια να βρεθεί μια ευέλικτη και αξιόπιστη μέθοδος επιλογής των υπηρεσιών, κατά την πρώτη τεχνική μελέτη προτάθηκε η κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών σε τρεις κατηγορίες: α) ευφώς έτοιμες υπηρεσίες, β) ευφώς πιθανές υπηρεσίες καθώς και γ) υπηρεσίες που απουσιάζουν [30].

- Στην πρώτη κατηγορία γίνεται αναφορά στις **ευφώς έτοιμες υπηρεσίες** που υπάρχουν στο κτίριο το οποίο εξετάζεται και λαμβάνονται υπόψιν κατά την αξιολόγηση. Σε αυτήν την περίπτωση, η μεγαλύτερη τιμή του SRI εξαρτάται



αποκλειστικά από τις παρούσες υπηρεσίες, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη πιθανές αφαιρέσεις βαθμών για τις υπηρεσίες που απουσιάζουν. Παρόλο που αυτή η προσέγγιση είναι εύκολη, υπάρχει ανησυχία ότι μπορεί να οδηγήσει σε ανακρίβειες στην αξιολόγηση, καθώς διάφορα κτίρια μπορεί να έχουν τον ίδιο SRI, αλλά να διαφέρουν στις υπηρεσίες που προσφέρουν λόγω διαφορετικών σημείων που αναφέρονται.

- Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι υπηρεσίες που θεωρούνται **ευφώς πιθανές**, αλλά δεν υπάρχουν πραγματικά στο εξεταζόμενο κτίριο. Ωστόσο, θα ήταν επιθυμητό ή ακόμη και απαραίτητο να υπάρχουν βάσει της νομοθεσίας της κάθε χώρας. Ένα παράδειγμα είναι τα συστήματα ελεγχόμενου αερισμού, τα οποία εξασφαλίζουν τη συνεχή ανανέωση του εσωτερικού αέρα, δημιουργώντας ένα υγιές περιβάλλον για τους χρήστες ή τους κατοίκους. Σε περίπτωση που αυτή η υπηρεσία απουσιάζει, θα ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση του δείκτη. Αν και αυτή η προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερες τιμές του δείκτη, αποκαλύπτει τυχόν αδυναμίες και έλλειψη στο εξεταζόμενο κτίριο, προσφέροντας τη δυνατότητα για μελλοντικές βελτιώσεις.
- Στην περίπτωση των **υπηρεσιών που απουσιάζουν**, υπάρχουν τρεις τρόποι διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης. Στην περίπτωση που ο αξιολογητής θεωρεί ορισμένες υπηρεσίες μη σχετικές με τη λειτουργία του κτιρίου, μπορεί να αποφασίσει να τις «παραλείψει» ώστε να μην επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα είναι η παρουσία συστημάτων ψύξης σε χώρες της βόρειας Ευρώπης, όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες δεν δικαιολογούν την ανάγκη ύπαρξής τους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ταυτόχρονη χρήση διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης, όπως η τηλεθέρμανση, η κεντρική θέρμανση ή οι αντλίες θερμότητας. Σε αυτήν την περίπτωση, η εφαρμογή μίας από αυτές τις υπηρεσίες εξαλείφει την ανάγκη για τις υπόλοιπες, καθώς συμβάλουν στην θέρμανση του κτιρίου όπου έχουν τον ίδιο σκοπό.

Τέλος, όταν σε ένα υπό εξέταση κτίριο υπάρχουν υπηρεσίες που απουσιάζουν, αλλά θα ήταν επιθυμητό ή ακόμη και απαραίτητο να υπάρχουν, τότε πρέπει να συμπεριληφθούν στην αξιολόγηση. Αυτό ισχύει κυρίως για υφιστάμενα κτίρια, και οι

υπηρεσίες αυτές χαρακτηρίζονται ως αναγκαίες, λαμβάνοντας υπόψη τους κτιριακούς κανονισμούς και την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίριο, όπως ορίζονται από την νομοθεσία της κάθε χώρας - μέλους της Ε.Ε. Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα, καθώς μπορεί να διευκολύνει σημαντικά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. [30].

#### **4.9.2 Υπηρεσίες σε ένα Κτίριο με Διαφορετικά Επίπεδα Λειτουργικότητας**

Κατά τη διαδικασία επιλογής υπηρεσιών για την αξιολόγηση της ευφύιας ενός κτιρίου στον τριτογενή τομέα, συχνά αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα της ύπαρξης υπηρεσιών από τον ίδιο τεχνικό τομέα που εκδηλώνουν διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας ανάλογα με τον χώρο (για παράδειγμα, η θέρμανση στους διαδρόμους ενός νοσοκομείου είναι διαφορετική από αυτήν των χώρων διαμονής των ασθενών). Με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους μπορεί να προσεγγιστεί αυτό το ζήτημα, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία, καθένας από τους οποίους οδηγεί σε διαφορετικά τελικά αποτελέσματα για τον δείκτη και έχει τον δικό του βαθμό δυσκολίας.

- Η πρώτη προσέγγιση οδηγεί σε ένα πιο αυστηρό αποτέλεσμα, καθώς βαθμολογεί τις υπηρεσίες βάσει του ελάχιστου επιπέδου λειτουργικότητας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα λιγότερο επιθυμητό σενάριο και σε μια ελάχιστη τιμή για τον δείκτη. Η προσέγγιση αυτή είναι εύκολη και γρήγορη στην εφαρμογή, αλλά το κύριο μειονέκτημά της είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη την πραγματική χρησιμότητα και το κατά πόσο η εφαρμογή της υπηρεσίας στο κτίριο που εξετάζεται είναι θεμιτή.
- Ο δεύτερος τρόπος προσέγγισης, αντίθετα, αξιολογεί τις υπηρεσίες βάσει του μέγιστου επιπέδου λειτουργικότητας, προκειμένου να προσφέρει ένα ευνοϊκότερο σενάριο και μια μεγαλύτερη τιμή για τον δείκτη. Αν και αυτή η προσέγγιση είναι εξίσου εύκολη και εφαρμόσιμη, μπορεί να υπερεκτιμηθούν οι δυνατότητες του κτιρίου και να μην αποτυθωθεί η πραγματική κατάσταση και οι αδυναμίες που χρήζει αντιμετώπισης.

- Ο συγκεκριμένος τρόπος προσέγγισης είναι ο τρίτος και απαιτεί περισσότερο χρόνο και προσπάθεια, καθώς πρέπει να καταγραφούν όλα τα επίπεδα λειτουργικότητας για κάθε υπηρεσία σε όλους τους χώρους του εξεταζόμενου κτιρίου. Στη συνέχεια, γίνεται απόδοση των συντελεστών βαρύτητας ανάλογα με αναγκαιότητα ύπαρξης τη κάθε υπηρεσίας. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατό να αναδειχθεί η αναγκαιότητα και η σημασία της κάθε υπηρεσίας με βάση τον χώρο στον οποίο απαιτείται. Η τρίτη προσέγγιση είναι πιο χρονοβόρα και προκαλεί μεγάλη δυσκολία στην εφαρμογή της. Ωστόσο, ανταποκρίνεται με μεγάλη ακρίβεια στην πραγματική κατάσταση του κτιρίου. Ένα επιπλέον παράδειγμα μπορεί να είναι η ανάγκη μιας έξυπνης υπηρεσίας σε διαφορετικούς χώρους του κτιρίου. Σε κάποιους χώρους, όπως οι αίθουσες συνεδριάσεων ή οι εργαστηριακοί χώροι, η σταθερή θερμοκρασία και υγρασία απαιτεί μεγάλη προσοχή, για την άνεση και την ασφάλεια των ανθρώπων, ενώ σε άλλους χώρους, όπως οι διαδρόμοι, μπορεί να μην είναι τόσο κρίσιμη. Συνεπώς, η ανάγκη για την παροχή της υπηρεσίας αυτής μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον χώρο και τη χρήση του.
  
- Ο τέταρτος και τελευταίος τρόπος προσέγγισης προτείνει να επικεντρωθεί στους πιο χαρακτηριστικούς χώρους του κτιρίου, όπως οι αίθουσες ασθενών σε νοσοκομεία και στη συνέχεια να αξιολογήσει το επίπεδο λειτουργικότητας των υπηρεσιών μόνο σε αυτούς τους χώρους. Αυτή η διαδικασία θεωρείται απλή και προσφέρει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα, ενώ μπορεί να μειώσει τον χρόνο και την πολυπλοκότητα της αξιολόγησης. Αυτό συμβαίνει διότι αποδίδει βαρύτητα στους χώρους που πραγματικά έχουν σημασία για το συνολικό αποτέλεσμα του δείκτη. Με άλλα λόγια, λαμβάνει υπόψη τη σημασία και την επίδραση των κρίσιμων χώρων στην τελική αξιολόγηση [30].

## 4.10 Μέθοδοι Εκτίμησης Δείκτη

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία, έχουν προταθεί τρεις μέθοδοι για την εκτίμηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας. Αρχικά, οι πρώτες δύο κατηγορίες αναφέρονται σε μια «απλοποιημένη» μέθοδο και μια πιο «αναλυτική», οι οποίες χρησιμοποιούν αναλυτικούς καταλόγους υπηρεσιών για την αξιολόγηση του δείκτη. Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι προορίζονται για διαφορετικούς τύπους κτιρίων και διαφέρουν στο επίπεδο λεπτομέρειας και τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης. Η τελευταία μέθοδος, η οποία εξετάζει την υφιστάμενη κατάσταση του υπό-εξέταση κτιρίου, μέσω της πραγματικής απόδοσης των συστημάτων του. Ακολουθεί μια λεπτομερής περιγραφή των παραπάνω μεθόδων. [30].

### 1. Μέθοδος Α (Απλοποιημένη)

Για τον υπολογισμό του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας του κτιρίου, η μέθοδος Α είναι η πιο απλή και γρήγορη προσέγγιση. Συνήθως χρησιμοποιείται σε κτίρια κατοικίας, αλλά μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε μικρά μη οικιστικά κτίρια τριτογενούς τομέα, τα οποία έχουν επιφάνεια μικρότερη των  $500m^2$ . Στη μέθοδο αυτή, υπάρχει ένας περιορισμένος κατάλογος από 27 ευφυείς υπηρεσίες, με επίπεδα λειτουργικότητας που κυμαίνονται από το μηδέν έως τέσσερα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4.14. Οι ιδιοκτήτες μπορούν να αξιολογήσουν τον δείκτη στη διάρκεια μίας ώρας. Η αξιολόγηση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε από τον ιδιοκτήτη είτε από έναν εξειδικευμένο εκτιμητή, ο οποίος μπορεί να παράσχει ένα εγκεκριμένο πιστοποιητικό που μπορεί να αυξήσει την αξία του κτιρίου.

Πίνακας 4.14: Μέθοδος Α – Υπηρεσίες και Επίπεδα λειτουργικότητας ανά τεχνικό τομέα [30]

Μέθοδος Α						
Επίπεδα Λειτουργικότητας						
Τομείς	Αριθμός Υπηρεσιών	Ε.Λ 0	Ε.Λ 1	Ε.Λ 2	Ε.Λ 3	Ε.Λ 4
Θέρμανση	5	5	4	5	3	2
ZNX	3	3	3	3	3	1

Ψύξη	4	4	4	4	4	3
Μηχανικός Αερισμός	2	2	2	2	2	1
Φωτισμός	1	1	1	1	1	0
Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος	2	2	2	2	2	2
Ηλεκτρισμός	4	4	4	4	4	4
Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων	3	3	3	3	1	1
Παρακολούθηση & Έλεγχος	3	3	3	3	2	0

## 2. Μέθοδος Β (Αναλυτική)

Σε αντίθεση με την πρώτη μέθοδο, η μέθοδος Β απαιτεί μια πιο λεπτομερή ανάλυση, και ως εκ τούτου, είναι πιο χρονοβόρα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο κατάλογος των ευφυώς έτοιμων υπηρεσιών είναι πολύ μεγαλύτερος σε σύγκριση με την μέθοδο Α. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει 54 ευφυείς υπηρεσίες (όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.15) που αντιστοιχούν στους εννέα τεχνικούς τομείς. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε κτίρια που δεν είναι κατοικήσιμα και είναι πιο πολύπλοκα και μεγαλύτερα, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε οικιστικά κτίρια. Όσο αφορά τις υπηρεσίες και τον βαθμό λειτουργικότητας που μπορούν να λάβουν είναι μεταξύ του μηδέν (όταν η ευφυής ετοιμότητα είναι ανύπαρκτη) έως το τέσσερα (όταν η ευφυής ετοιμότητα είναι στο μέγιστο επίπεδο). Για να εκτιμηθεί ο δείκτης με αυτή τη μέθοδο, απαιτείται σημαντικό χρονικό διάστημα, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 12 έως 24 ώρες. Η πολυπλοκότητα αυτής της μεθόδου είναι μεγάλη, η εκτίμηση αυτή πρέπει να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό που διαθέτει την απαραίτητη εμπειρία και γνώση για να την εκτελέσει με ακρίβεια και αξιοπιστία. [30].

Πίνακας 4.15: Μέθοδος Β – Υπηρεσίες και Επίπεδα λειτουργικότητας ανά τεχνικό τομέα [30]

<b>Μέθοδος Β</b>						
Επίπεδα Λειτουργικότητας						
Τομείς	Αριθμός Υπηρεσιών	Ε.Λ 0	Ε.Λ 1	Ε.Λ 2	Ε.Λ 3	Ε.Λ 4
Θέρμανση	10	10	10	10	8	6
ZNX	5	5	5	5	5	2
Ψύξη	10	10	10	10	8	5
Μηχανικός Αερισμός	6	6	6	6	5	2
Φωτισμός	2	2	2	2	2	1
Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος	3	3	3	3	3	2
Ηλεκτρισμός	6	6	6	6	5	3
Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων	3	3	3	3	5	1
Παρακολούθηση & Έλεγχος	8	8	8	8	2	1

### **3. Μέθοδος C – Καταγραφή της Πραγματικής Κατάστασης**

Η μέθοδος C αποτελεί μια προχωρημένη προσέγγιση που βασίζεται σε ποσοτικές μετρήσεις για την καταγραφή της πραγματικής κατάστασης ενός κτιρίου. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθόδους που επικεντρώνονται σε ποιοτικές παραμέτρους, η μέθοδος C συλλέγει ποσοτικά δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως μετρήσεις στο κτίριο, ενεργειακά πιστοποιητικά και δεδομένα από ευφυή συστήματα σε πραγματικό χρόνο. Αυτός ο προσεγγιστικός τρόπος εκτίμησης απαιτεί συνήθως περισσότερο χρόνο, καθώς η συλλογή και η ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων μπορεί να είναι πιο πολύπλοκη. Επίσης, αξίζει να σημειώσουμε ότι η μέθοδος C εφαρμόζεται κυρίως

σε υπάρχοντα κτίρια, καθώς απαιτεί πραγματικά δεδομένα από το κτίριο. Δεν είναι κατάλληλη για την εφαρμογή σε καινούργια κτίρια που είναι στο αρχικό στάδιο κατασκευής. Η διάρκεια εκτέλεσης της μεθόδου C εξαρτάται από τον όγκο των δεδομένων που πρέπει να συλλεγούν και να αναλυθούν, και επομένως μπορεί να διαφέρει στην ανάλυση διαφορετικών περιπτώσεων.

#### 4.11 Δομή Μεθοδολογίας Υπολογισμού

Η μέθοδος για τον υπολογισμό του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI), αναλύεται λεπτομερώς σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες που προσδιορίζονται στον εγχειρίδιο που δημοσίευσε η Ευρωπαϊκή Ένωση [30]. Ανεξάρτητα από την επιλεγόμενη μέθοδο, είτε αυτή είναι Μέθοδος A ή Μέθοδος B, η λογική που ακολουθείται είναι πανομοιότυπη. Αρχικά, προβαίνουμε στον προσδιορισμό των έξυπνων υπηρεσιών που υπάρχουν στο αναλυζόμενο κτίριο ή τον κτιριακό τομέα. Στη συνέχεια, λαμβάνουμε υπόψη τα βάρη που ανατίθενται σε κάθε τεχνικό τομέα και χρησιμοποιούμε αυτά τα βάρη για να υπολογίσουμε την απόδοση των ευφυώς έτοιμων υπηρεσιών με βάση τα επτά κριτήρια επίδρασης. Τέλος, με τη χρήση μιας πολυκριτήριας ανάλυσης, συνοψίζουμε τα αποτελέσματα αυτά για να καταλήξουμε στο συνολικό αποτέλεσμα που καθορίζει τον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας. Η μέθοδος υπολογισμού διαιρείται σε επτά στάδια, κάθε ένα αναλύει ένα συγκεκριμένο κομμάτι του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI). Με αυτό τον τρόπο, καταλήγουμε στο συνολικό αποτέλεσμα του SRI.

##### **Βήμα 1: Επιλογή Υπηρεσιών**

Στο πρώτο στάδιο, επιλέγουμε και καταγράφουμε όλες τις έξυπνες υπηρεσίες που υπάρχουν στο κτίριο ή στον κτιριακό τομέα που εξετάζουμε. Αυτές οι υπηρεσίες ανήκουν σε εννέα διαφορετικούς τομείς εικόνα 4.1. Το πρώτο στάδιο αποτελεί τον πιο κρίσιμο και σημαντικό βήμα της μεθοδολογίας. Κατά την διάρκεια αυτού του βήματος, γίνεται κατάταξη των υπηρεσιών σε σχετικές και μη, μια ενέργεια που επηρεάζει την ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων που εισάγονται, και μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

## Βήμα 2: Προσδιορισμός επιπέδου λειτουργικότητας υπηρεσιών

Στο δεύτερο στάδιο, καθορίζεται το επίπεδο λειτουργικότητας για κάθε μια υπηρεσία. Αυτά τα επίπεδα κυμαίνονται από το μηδέν έως το τέσσερα, όπου το μηδέν αντιστοιχεί σε υπηρεσίες χωρίς καμία λειτουργικότητα και το πέντε σε υπηρεσίες με το υψηλότερο δυνατό επίπεδο λειτουργικότητας. Ο αριθμός αυτών των επιπέδων λειτουργικότητας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τομέα. Η αξιολόγηση των υπηρεσιών μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της αυτοψίας στους χώρους του κτιρίου, της μελέτης τεχνικών εγγράφων ή μιας συνδυασμένης προσέγγισης που συνδυάζει αυτοψία και εξέταση τεχνικών εγγράφων. Αξιολογητές με εξειδικευμένη γνώση και εμπειρία στον συγκεκριμένο τομέα είναι υπεύθυνοι για την αξιολόγηση.

## Βήμα 3: Υπολογισμός απόδοσης κριτηρίων επίδρασης

Στο τρίτο στάδιο, προσδιορίζεται ο βαθμός λειτουργικότητας για καθένα από τα επτά κριτήρια επίδρασης: ενεργειακή εξοικονόμηση, συντήρηση και πρόβλεψη σφαλμάτων, άνεση χρηστών – ενοίκων, λειτουργικότητα, υγεία και ευεξία, πληροφόρηση - ενημέρωση χρηστών και τέλος ενεργειακή ευελιξία (Εικόνα 4.8) και αποθήκευση. Παρακάτω, υπολογίζεται η απόδοση με βάση τον τύπο:

$$1) \quad I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic} (FL (S_{i,d})),$$

Όπου,

$d$  είναι ο αριθμός του τεχνικού τομέα που εξετάζεται,  $d \in \mathbb{N}$

$ic$  είναι ο αριθμός του κριτηρίου επίδρασης που εξετάζεται,  $ic \in \mathbb{N}$

$N_d$  ο συνολικός αριθμός υπηρεσιών στο τεχνικό τομέα  $d$ ,  $N_d \in \mathbb{N}$

$S_{i,d}$  είναι η υπηρεσία  $i$  του τεχνικού τομέα  $d$ ,  $i \in \mathbb{N}$ ,  $1 \leq i \leq N_d$

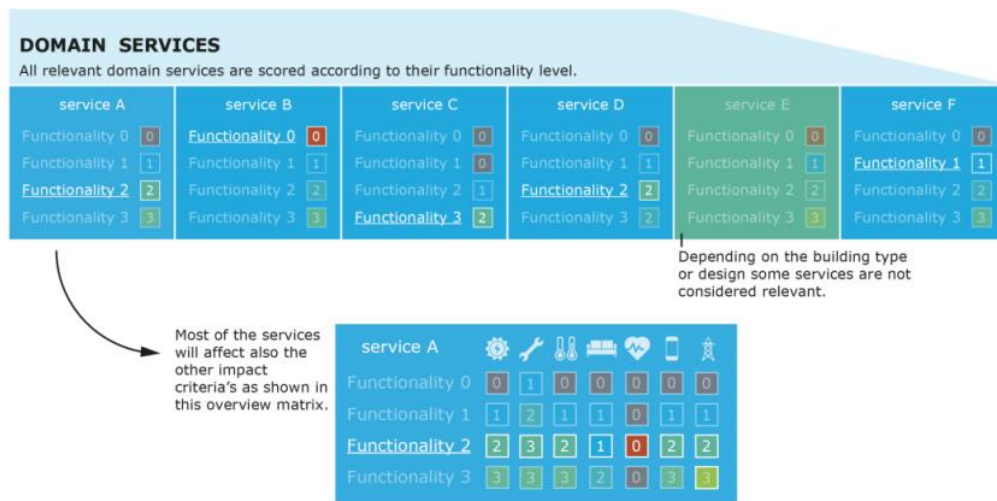
$FL (S_{i,d})$  είναι το επίπεδο λειτουργικότητας της υπηρεσίας  $S_{i,d}$  που είναι διαθέσιμο στο κτίριο ή στο τμήμα του κτιρίου,

$I_{ic} (FL (S_{i,d}))$  είναι η απόδοση του κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας  $S_{i,d}$ , για το κριτήριο επίδρασης  $ic$ , σύμφωνα με το επίπεδο λειτουργικότητας της υπηρεσίας όπου  $I_{ic} (FL (S_{i,d})) \in \mathbb{N}$

$I (d, ic)$  είναι το σκορ του κριτηρίου επίδρασης του τεχνικού τομέα  $d$  για το κριτήριο επίδρασης  $ic$ , όπου  $I (d, ic) \in \mathbb{N}$ .



Σε περίπτωση που μια έξυπνη υπηρεσία εμφανίζεται σε διάφορα μέρη του εξεταζόμενου κτιρίου και έχει διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας, προτείνεται για κάθε χώρο ξεχωριστά να υπολογίζεται η απόδοση των κριτηρίων επίδρασης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εξίσωσης (1) που αναφέρθηκε προηγουμένως και υπολογίζεται ως ένας σταθμισμένος μέσος όρος. Αυτή η διαδικασία εξακολουθεί να είναι υπό έρευνα και παραμένει πολύπλοκη, καθώς δεν έχει καθοριστεί ακόμη με ακρίβεια.



Εικόνα 4.8: Υπολογισμός αποδόσεων κριτηρίων επίδρασης [30]

#### Βήμα 4: Υπολογισμός μέγιστης απόδοσης κριτηρίων επίδρασης

Αυτός ο υπολογισμός βασίζεται και πάλι στους καταλόγους των έξυπνων υπηρεσιών. Κάθε τεχνικός τομέας έχει έναν μέγιστο βαθμό επίδρασης που καθορίζεται μέσω του τύπου:

$$2) \quad I_{\max}(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL_{\max}(S_{i,d})),$$

Όπου,

$FL_{\max}(S_{i,d})$  είναι το μέγιστο επίπεδο λειτουργικότητας που μπορεί να έχει μια υπηρεσία  $S_{i,d}$  σύμφωνα με το κατάλογο των ευφούς έτοιμων υπηρεσιών

$L_{ic}(FL_{\max}(S_{i,d}))$  είναι η βαθμολογία κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας

$S_{i,d}$  για το μέγιστο επίπεδο λειτουργικότητάς της, που σημαίνει ότι είναι η μέγιστη βαθμολογία κριτηρίου επίδρασης της υπηρεσίας  $S_{i,d}$  για το κριτήριο επίδρασης  $ic$

$I_{max}(d,ic)$  είναι η μέγιστη βαθμολογία του κριτηρίου επίδρασης του τεχνικό τομέα d για το κριτήριο επίδρασης ic

### Βήμα 5: Δείκτης ευφυούς ετοιμότητας για κάθε κριτήριο επίδρασης

Το συνολικό αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για κάθε κριτήριο επίδρασης υπολογίζεται ως το ποσοστό του συνολικού αθροίσματος των αποδόσεων (που υπολογίστηκαν στο τρίτο βήμα) προς το συνολικό βάρος των μέγιστων αποδόσεων (που υπολογίστηκαν στο τέταρτο βήμα). Αυτό μας δίνει μια καθολική εικόνα της ευφυούς ετοιμότητας σε σχέση με κάθε κριτήριο επίδρασης. Μπορεί να εκφραστεί με την ακόλουθη εξίσωση:

$$3) \quad SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} I_{max}(d,ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d,ic)} \times 100,$$

Όπου,

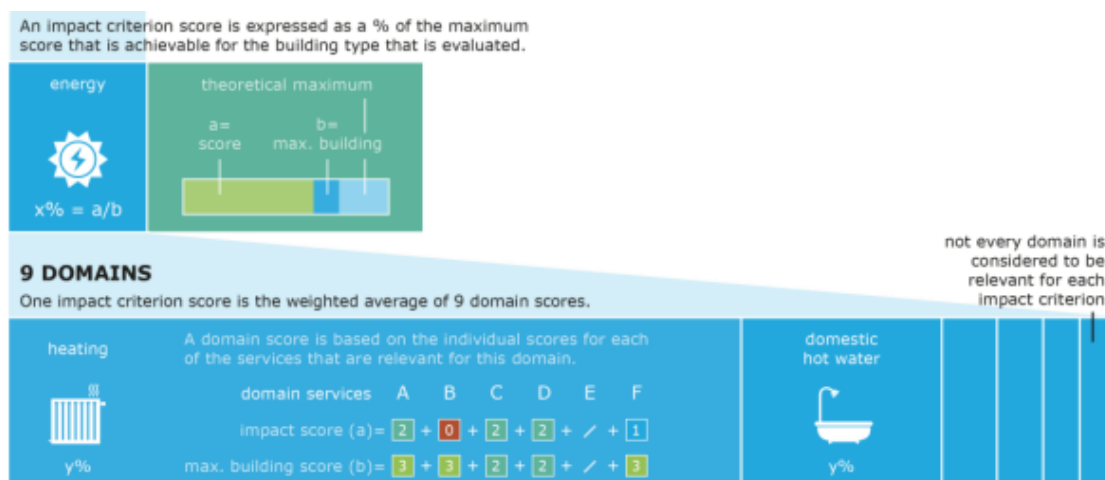
d είναι ο αριθμός του τεχνικού τομέα που εξετάζεται,  $d \in \mathbb{N}$

N είναι ο συνολικός αριθμός τεχνικών τομέων,  $N \in \mathbb{N}$

$W_{d,ic}$  είναι ο συντελεστής βαρύτητας, εκφρασμένος σε μορφή ποσοστού, του τεχνικού τομέα αριθμού d για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic

$SR_{ic}$  είναι το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, εκφρασμένο σε μορφή ποσοστού για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα υπολογισμού του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας ανά κριτήριο επίδρασης, φαίνεται στην εικόνα 4.9.



Εικόνα 4.9: Υπολογισμός δείκτη ευφυούς ετοιμότητας ανά κριτήριο επίδρασης [30]

Σε αντίθεση, η πρώτη τεχνική μελέτη, μας δίνει την δυνατότητα να αναλύσουμε λεπτομερώς τον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για κάθε τεχνικό τομέα ξεχωριστά, λαμβάνοντας υπόψη κάθε κριτήριο επίδρασης. Αυτό το υποσύνολο του δείκτη είναι εξαιρετικά χρήσιμο και μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$SR_{d,ic} = \frac{I(d,ic)}{I_{\max}(d,ic)} \times 100,$$

#### **Βήμα 6: Δείκτης ευφυούς ετοιμότητας ανά λειτουργία - κλειδί**

Η ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία, η ικανοποίηση αναγκών των χρηστών αλλά και η ενεργειακή ευελιξία αποτελούν τις τρεις βασικές λειτουργίες – κλειδιά, όπου υπολογίζονται οι αντίστοιχοι δείκτες (SRI), οι οποίοι διατυπώνονται ως ποσοστιαίες τιμές. Αυτό γίνεται μέσω της εφαρμογής της παρακάτω εξίσωσης:

$$4) \quad SR_c = \sum_{ic=1}^M W_f(ic) \times SR_{ic},$$

Όπου,

$SR_c$  είναι ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας για τη λειτουργία – κλειδί c

M είναι ο συνολικός αριθμός των κριτηρίων επίδρασης,  $M \in \mathbb{N}$

$W_f(ic)$ , είναι ο συντελεστής βαρύτητας, εκφρασμένος σε μορφή ποσοστού, του κριτηρίου επίδρασης αριθμού ic για την λειτουργία - κλειδί f

$SR_{ic}$  είναι το αποτέλεσμα του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας για το κριτήριο επίδρασης αριθμού ic

#### **Βήμα 7: Συνολικό δείκτης ευφυούς ετοιμότητας για το κτίριο ή για το τμήμα του κτιρίου**

Τέλος, η συνολική αξιολόγηση της ευφυούς ετοιμότητας ενός κτιρίου ή ενός κτιριακού συγκροτήματος υπολογίζεται ως ο συνημμένος μέσος όρος των αντίστοιχων δεικτών για τις τρεις βασικές λειτουργίες και εκφράζεται ως ποσοστό χρησιμοποιώντας την εξίσωση (5):

5) 
$$\mathbf{SR} = \sum \frac{1}{3} \times \mathbf{SR}_c,$$

Όπου,

SR είναι το συνολικό αποτέλεσμα του δείκτη ευφούς ετοιμότητας

SR<sub>c</sub> είναι ο δείκτης ευφούς ετοιμότητας για τη λειτουργία – κλειδί c

## 5. Εφαρμογή του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας σε Κτίριο Κατοικίας στην Ελλάδα

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, σε κτίριο κατοικίας στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στον δήμο Κύμης – Αλιβερίου. Για την αξιολόγηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας, ακολουθείται μια διαδικασία τεσσάρων σεναρίων. Πρώτα, υπολογίζεται ο δείκτης SRI για το Σενάριο αναφοράς, στο οποίο γίνεται μια παρουσίαση όλων των συστημάτων που ήδη υπάρχουν στην κατοικία. Έπειτα, ακολουθεί το Απαισιόδοξο σενάριο, το οποίο συμμορφώνεται με τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις όπως αναφέρει η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (EPBD). Έπειτα, ο υπολογισμός του δείκτη εφαρμόζεται για ένα Μετριοπαθές σενάριο ανακαίνισης, το οποίο περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογιών που είναι διαθέσιμες στην αγορά για κτίρια με πολύ χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Τέλος, πραγματοποιείται μια αξιολόγηση για ένα πιο Αισιόδοξο σενάριο ανακαίνισης με τη χρήση ενσωματωμένων τεχνολογιών που στοχεύουν σε κτίρια θετικής ενέργειας (PEB).

Για την συγκεκριμένη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε φύλλο υπολογισμού για τη μέθοδο αξιολόγησης «SRI A/B Έκδοση 4.4» όπου παρέχεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η χρήση του εργαλείου αυτού ενδέχεται ότι θα βελτιώσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και θα διευκολύνει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μελλοντικών μελετών.

Αυτή η πρακτική εφαρμογή έγινε με σκοπό, την αξιολόγηση της μεταβολής προς την έξυπνη λειτουργία, χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία SRI για τα διάφορα σενάρια αναβάθμισης. Αρχικά, ο δείκτης ευφυούς ετοιμότητας υπολογίστηκε για την τρέχουσα κατάσταση της κατοικίας, όπου αποτελεί το Σενάριο αναφοράς. Στη συνέχεια, το Απαισιόδοξο σενάριο που αντιπροσωπεύει τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις. Έπειτα, ακολούθησαν δύο διαδοχικοί κύκλοι αναβάθμισης προς έξυπνες λειτουργίες, το Μετριοπαθές και το Αισιόδοξο σενάριο. Ο βασικός στόχος αυτών των αναβαθμίσεων ήταν η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ενώ παράλληλα έγινε έμφαση στην έξυπνη λειτουργία του. Κατά την εκτέλεση των αναβαθμίσεων, λαμβάνονται υπόψη και οι επεμβάσεις "plug-and-play" που είναι αποδοτικές, επιτρέποντας έτσι την εύκολη ενσωμάτωση των έξυπνων τεχνολογιών και λειτουργιών στην κατοικία.

Το κτίριο που έχουν επιλεγεί για το Σενάριο αναφοράς είναι εξοπλισμένο με κοινά συστήματα παροχής θερμότητας που συναντώνται συχνά [32]. Καθώς το κτίριο έχει κατασκευαστεί την χρονική περίοδο μεταξύ 2009 – 2012, θεωρείται ενεργειακά αποδοτικό. Αξίζει να σημειωθεί ότι στα σενάρια δεν λαμβάνεται υπόψη οι παρεμβάσεις που έχουν να κάνουν με το περίβλημα του κτιρίου παρά μόνο σε ενεργά συστήματα. Στο Μετριοπαθές σενάριο, λαμβάνονται υπόψη τεχνολογίες που ήδη υπάρχουν στην αγορά για να προωθήσει το κτίριο προς την κατηγορία των "Κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας" (Nearly Zero Energy Building-NZEB). Αυτές οι τεχνολογίες συμβάλλουν στην επίτευξη υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Αντίθετα, στο Αισιόδοξο σενάριο, η προσέγγιση επεκτείνεται περαιτέρω, με την ενσωμάτωση περισσότερων προηγμένων τεχνολογιών που υπερβαίνουν την κατηγορία NZEB. Αυτές οι προηγμένες τεχνολογίες επιτρέπουν την κατάταξη του κτιρίου στην κατηγορία των "Κτιρίων Που Παράγουν Ενέργεια" (PEB), υποδεικνύοντας τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και εκμετάλλευσης της πλήρους ενεργειακής αυτάρκειας.

Η προτεινόμενη μέθοδος υπολογισμούς του δείκτη ευφούς ετοιμότητας (SRI) εφαρμόστηκε σε μια κατηγορία που αφορά μόνο τις μονοκατοικίες. Η συγκεκριμένη κατηγορία εξετάστηκε για μονοκατοικία που βρίσκονται στο Νομό Ευβοίας και συγκεκριμένα στο Δήμο Κύμης – Αλιβερίου, οπότε η κλιματική ζώνη του κτιρίου αφορά την Νότιο - Ανατολική Ευρώπη (Ελλάδα), όπως αυτή προκύπτει από την ήδη υπάρχουσα μεθοδολογία υπολογισμού του SRI. Το επιλεγμένο κτίριο έχει κατασκευαστεί μεταξύ 2009 - 2012. Η επιλογή της συγκεκριμένης μονοκατοικίας για βασίστηκε στο γεγονός ότι τα πιο πρόσφατα κτίρια (τα όποια έχουν κατασκευαστεί μετά την περίοδο εφαρμογής της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων) έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα για έξυπνες αναβαθμίσεις με σχετικά χαμηλό κόστος σε σύγκριση με τα παλαιότερα κτίρια.

Για την μεθοδολογία του SRI εφαρμόστηκαν η μέθοδος A και η μέθοδος B με βάση τους Πίνακες 4.14 και 4.15. Η Μέθοδος B, αφορά περισσότερο κτίρια τα οποία είναι πιο πολύπλοκα (μη κατοικήσιμα) και εφαρμόστηκε διότι παρέχει υψηλότερου επιπέδου πληροφορίες σε ότι αφορά τις έξυπνες υπηρεσίες που εξετάζει. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται για την αρχιτεκτονική δομή και τα εξοπλισμένα συστήματα του κτιρίου αποτελούν ακριβή αντικατοπτρισμό της πραγματικής του κατάστασης. Ο βασικός σκοπός είναι η ενημέρωση των εμπειρογνομόνων κτιριακής κατασκευής στην Ευρώπη σχετικά με την τυπική εθνική τοπολογία της κατοικίας,

προκειμένου να παρακολουθηθεί η ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας και με στόχο την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Οι παρεμβάσεις που επιλέχθηκαν βρίσκονται σε απόλυτη ευθυγράμμιση με τις απαιτήσεις της EPBD, καθώς και συγκεκριμένες ανάγκες της μονοκατοικίας, την κλιματική ζώνη της χώρας (Νότιο - Ανατολική Ευρώπη) και τις λειτουργικές ανάγκες.

Η μεθοδολογία του SRI, εφαρμόστηκε για διάφορα σενάρια, όπου η διαδικασία χωρίζεται σε τέσσερα εργαστηριακά βήματα. Λεπτομερώς, οι πληροφορίες και τα βήματα που αφορούν το επιλεγμένο αυτό κτίριο για την ανάλυση παρουσιάζονται στις ακόλουθες ενότητες.


Πίνακας 5.1: Μέθοδοι εφαρμογής για την αξιολόγηση του SRI

	Μέθοδος Α	Μέθοδος Β	Μέθοδος C
<b>Κατάλογος Έξυπνων Υπηρεσιών</b>	Περιορισμένος και απλοποιημένος κατάλογος υπηρεσιών	και 27	Πλήρης κατάλογος με 54 υπηρεσίες και με μεγαλύτερη πολυπλοκότητα
<b>Καταγράφονται τα συστήματα ελέγχου και αυτοματισμού των κτιρίων</b>			
<b>Πρακτικότητα</b>	Κτίρια τα οποία είναι κατοικημένα και μη (<500m <sup>2</sup> )	Μη κατοικημένα κτίρια	Κτίρια τα οποία είναι κατοικημένα και μη (περιορισμένα σε κατοικημένα κτίρια)
<b>Λοιπές Πληροφορίες</b>	Με βάση τον κατάλογο ελέγχου γίνεται η προσέγγιση και η αξιολόγηση από τον χρήστη (χωρίς πιστοποίηση) ή αξιολόγηση από εξειδικευμένο εκτιμητή (Επίσημη πιστοποίηση)	Με βάση τον κατάλογο ελέγχου γίνεται αξιολόγηση από τον χρήστη (χωρίς πιστοποίηση) ή αξιολόγηση από εξειδικευμένο εκτιμητή (Επίσημη πιστοποίηση)	Χρειάζεται πληροφορίες που καλύπτουν μεγάλο χρονικό διάστημα και λεπτομερείς προδιαγραφές, αλλά, δυστυχώς, αυτές οι πληροφορίες δεν είναι ακόμη διαθέσιμες.

## 5.1 Διαμόρφωση Σεναρίου Αναφοράς για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου

Στο πρώτο σενάριο, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση του SRI για την μονοκατοικία για το σενάριο Αναφοράς, όπου εμπεριέχονται τα συστήματα της εξεταζόμενης μονοκατοικίας που πραγματικά διατίθενται. Στη φάση της διαλογής επιλέχθηκαν μόνο οι τεχνικοί τομείς που είναι απαραίτητοι. Στη περίπτωση όπου οι υπηρεσίες ορισμένων τομέων απουσιάζουν, δεν λήφθηκαν υπόψη κατά την αξιολόγηση του δείκτη. Οι υπηρεσίες που υπολογίσθηκαν ήταν από τους τεχνικούς τομείς: θέρμανσης, ζεστό νερό χρήσης, ψύξης, μηχανικός αερισμός, φωτισμός και δυναμικό μεταβαλλόμενο κτίριο, ενώ οι υπόλοιπες τρεις υπηρεσίες των τεχνικών τομέων ήταν απύσες. Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που επιλέχθηκαν αναφέρονται στον πίνακα 5.2.

*Πίνακας 5.2: Κύρια χαρακτηριστικά της περίπτωσης Μονοκατοικίας για το Σενάριο Αναφοράς*

Χώρα	Ελλάδα
	
Κλιματική Ζώνη	Νότιο - Ανατολική Ευρώπη
Έτος Κατασκευής	2009



Εμβαδόν Δαπέδου

220 m<sup>2</sup>

### Τεχνικοί Τομείς

<b>Θέρμανση</b>	Η απόδοση θερμότητας γίνεται αυτόματα μέσω θερμοστατών που βρίσκονται στο κάθε δωμάτιο, γίνεται έλεγχος της θερμοκρασίας ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία, το κτίριο δεν διαθέτει αντλίες θερμότητας και απουσιάζει η πληροφόρηση των χρηστών από την απόδοση των συστημάτων.
<b>Ψύξη</b>	Η οικία διαθέτει κλιματιστική μονάδα σε κεντρικό σημείο και παρέχει πληροφορία σχετικά με την απόδοση του συστήματος.
<b>Ζεστό Νερό Χρήσης</b>	Η παροχή του Ζεστού νερού χρήσης ελέγχεται αυτόματα, υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης του ζεστού νερού, γίνεται πληροφόρηση σχετικά με την απόδοση των συστημάτων και επιπλέον γίνεται χρήση ηλιακών θερμικών συλλεκτών.
<b>Μηχανικός Αερισμός</b>	Η οικία είναι εφοδιασμένη με συστήματα μηχανοκίνητης λειτουργίας με χειροκίνητο έλεγχο και παρέχει αισθητήρες ποιότητας του αέρα με αυτόνομη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.
<b>Φωτισμός</b>	Ο φωτισμός στο κτίριο ελέγχεται αποκλειστικά με τη χρήση διακοπών και απαιτεί χειροκίνητη λειτουργία.
<b>Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος</b>	Τα συστήματα σκίασης περιλαμβάνουν προστατευτικά ρολά που λειτουργούν μηχανοκίνητα με χειροκίνητο έλεγχο (Διακόπτες), δεν υπάρχει καμία αναφορά πληροφοριών σχετικά με την απόδοση δυναμικών συστημάτων κελύφους κτιρίου.
<b>Ηλεκτρισμός</b>	Το εξεταζόμενο κτίριο δεν είναι αυτόνομο ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και δεν υπάρχει δυνατότητα παροχής πληροφοριών σχετικά με την παραγωγή, κατανάλωση και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.
<b>Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων</b>	Δεν υπάρχει η δυνατότητα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο υπό εξέταση κτίριο.
<b>Παρακολούθηση και Έλεγχος</b>	Το κτίριο δεν διαθέτει ένα ενιαίο σύστημα ελέγχου και συντονισμού για τα τεχνικά συστήματά του, και δεν μπορεί να προσαρμοστεί βάσει των εξωτερικών συνθηκών ή των αναγκών του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Δεν παρέχει καμία πληροφορία προς τους χρήστες.

## 5.2 Διαμόρφωση Απαισιόδοξου Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου

Στο δεύτερο σενάριο, πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση των δεδομένων για την μονοκατοικία (SHF – Single – Family Houses) για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Baseline scenario), όπου αντιπροσωπεύει τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις για την τοπολογία της Ελλάδας και συγκεκριμένα στην κλιματική ζώνη της Νότιο-Ανατολικής Ευρώπης. Για αυτόν τον λόγο, αποκλείονται από τη διαδικασία υπολογισμού πολλοί τεχνικοί τομείς. Συγκεκριμένα, αυτοί περιλαμβάνουν την ψύξη, τον φωτισμό, τον ηλεκτρισμό, το δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος, την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και την παρακολούθηση και έλεγχο. Έτσι, για τον υπολογισμό του δείκτη θα ληφθούν υπόψη μόνο οι υπόλοιποι τρεις τομείς δηλαδή της θέρμανση, του ζεστό νερό χρήσης και ο μηχανικός αερισμός. Οι βαθμοί λειτουργικότητας παραμένουν ίδιοι με αυτούς του σεναρίου Αναφοράς αντικατοπτρίζοντας την πραγματική κατάσταση του κτιρίου με βάση τα συστήματα που διαθέτει.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και αρχικά χαρακτηρίστηκε ως "απαισιόδοξο," το συγκεκριμένο σενάριο αποτελεί αρκετά αντιπροσωπευτική αναπαράσταση της πραγματικής κατάστασης του κτιρίου. Επίσης πρόσφατα ψηφίστηκε από την ελληνική νομοθεσία η προώθηση για ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης [33]. Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που επιλέχθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3: Κύρια χαρακτηριστικά της Μονοκατοικίας για το Απαισιόδοξο Σενάριο

Χώρα

Ελλάδα



<b>Κλιματική Ζώνη</b>	Νότιο - Ανατολική Ευρώπη
<b>Έτος Κατασκευής</b>	2009
<b>Εμβαδόν Δαπέδου</b>	220 m <sup>2</sup>

#### Ελάχιστες Εθνικές Απαιτήσεις

<b>Θέρμανση</b>	Λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου (νέος) με αυτόματη προσαρμογή στην εξωτερική θερμοκρασία, κεντρική διανομή, σωληνώσεις κυρίως μέσα σε θερμαινόμενους χώρους, καλά μονωμένος.
<b>Μηχανικός Αερισμός</b>	Φυσικός Αερισμός
<b>Ζεστό Νερό Χρήσης</b>	Λέβητας πετρελαίου (νέος) με δεξαμενή αποθήκευσης και επιπλέον αντίσταση στην εφεδρική λειτουργία, Ηλιακά συστήματα για το 60% του ZNX.

### 5.3 Διαμόρφωση Μετριοπαθές Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου

Στο τρίτο σενάριο, περιλαμβάνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας SRI στο κτίριο που αναφέρθηκε, με γνώμονα την αναβάθμιση στο πλαίσιο του Μετριοπαθούς σεναρίου. Στο Μετριοπαθές σενάριο, λαμβάνονται υπόψη παρεμβάσεις που συμβάλουν στην αύξηση της έξυπνης λειτουργικότητας του κτιρίου που έχει ως βάση το σενάριο Αναφοράς. Οι παρεμβάσεις στοχεύουν στη μετατροπή του κτιρίου σε ένα κτίριο

σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (Nearly Zero Energy Building - NZEB) [34], σύμφωνα με την Οδηγία EPBD (Energy performance of buildings directive). Συνεπώς, οι βελτιώσεις που λαμβάνονται υπόψη στοχεύουν στη σύνδεση του κτιρίου με ένα υψηλής ενεργειακής απόδοσης δίκτυο, επιδιώκοντας μια πρακτικά ανύπαρκτη ή πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η κατανάλωση ενέργειας καλύπτεται από πηγές ανανεώσιμης ενέργειας (ΑΠΕ), συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ που παράγονται τοπικά, σύμφωνα με τους κανονισμούς για τα κτίρια με ενεργειακή κατανάλωση σχεδόν μηδενική (NZEB) σε κάθε χώρα.

Στο Μετριοπαθές σενάριο, τα χαρακτηριστικά των παρεμβάσεων, όσο αφορά την μονοκατοικία, παρουσιάζονται παρακάτω. Οι παραμβάσεις του Μετριοπαθές σενάριο έχουν να κάνουν με την έξυπνη αναβάθμιση, αντί να εστιάζουν σε δραστικές αναβαθμίσεις των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Έτσι, γίνεται αξιολόγηση κυρίως των παρεμβάσεων που μπορούν να προκαλέσουν έξυπνη αναβάθμιση.

Πίνακας 5.4: Βασικά χαρακτηριστικά της Μονοκατοικίας για το Μετριοπαθές Σενάριο.

### Απαιτήσεις Μετριοπαθές Σεναρίου

#### Τύπος Κτιρίου Μονοκατοικία - Ελλάδα

Θέρμανση	Ψύξη	Μηχανικός Αερισμός	Ζεστό Νερό Χρήσης	Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος	Παραγωγή/Αποθήκευση	Αυτοματισμός Κτιρίου
Λέβητας συμπίκνωσης με αυτόματη ρύθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας και έλεγχος των δωματίων , κεντρική διανομή, μονωμένες σωληνώσεις εντός του θερμαινόμενου εσωτερικού χώρου πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του συστήματος	Κλιματιστικές μονάδες στους χώρους των δωματίων, πληροφορίες όσο αφορά την απόδοση του ψυκτικού συστήματος	Μηχανικός αερισμός με έλεγχο ανάχνευσης πληρότητας και αισθητήρες ποιότητας αέρα (π.χ. CO2), πληροφορίες αναφοράς σχετικά με το IAQ	Εγκατάσταση αποθήκευσης ZNX, πληροφορίες σχετικά με την απόδοση του ζεστού νερού χρήσης	Ο έλεγχος ηλιακής σκίασης παραθύρων γίνεται συνδυασμένος έλεγχος φωτός/ρολού/HVAC	Σύστημα φωτοβολταϊκών (BAPV/BIPV), Πληροφορίες όσο αφορά την αποθήκευση ενέργειας και πληροφορίες όσο αφορά την ενεργειακή κατανάλωση	Έλεγχος του ZNX συστήματος μέσω των συστημάτων διαχείρισης κτιρίου (BMS) , αισθητήρες φωτισμού, της παραγόμενης ενέργειας, και αισθητήρων ποιότητας του αέρα (CO2 κ.α)

## 5.4 Διαμόρφωση Αισιόδοξου Σεναρίου για την αξιολόγηση του Δείκτη Ευφούς Ετοιμότητας (SRI) του εξεταζόμενου κτιρίου

Στο τελευταίο σενάριο, περιλαμβάνεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας στο κτίριο με σκοπό την αναβάθμιση στο πλαίσιο ενός Αισιόδοξου σεναρίου. Στο σενάριο αυτό λαμβάνονται υπόψη παρεμβάσεις που χρησιμοποιούνται ώστε να προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με το κτίριο να παράγει περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνει, επιτρέποντας στους χρήστες να αξιοποιήσουν αυτήν την περίσσεια ενέργεια για άλλες ανάγκες. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να τροφοδοτήσουν συσκευές ή ακόμα και οχήματα που χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία τους. Στο πλαίσιο αυτού του σεναρίου, οι ανακαινιστικές δράσεις που λαμβάνονται υπόψη συντελούν στη μετατροπή των κτιρίων σε "Κτίρια Θετικής Ενέργειας". Αυτό σημαίνει ότι οι τεχνολογίες και οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται κατά την ανακαίνιση επιτρέπουν στα κτίρια να παράγουν περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνουν [[35],[36]].

Ο κύριος στόχος της ανακαίνισης στο Αισιόδοξο σενάριο επικεντρώνεται στην αύξηση της έξυπνης λειτουργικότητας του κτιρίου. Οι τύποι παρεμβάσεων που λαμβάνονται υπόψη για το Αισιόδοξο σενάριο αναφέρονται στον πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Κύρια χαρακτηριστικοί παράμετροι της Μονοκατοικίας για το Αισιόδοξο Σενάριο

Τύπος Κτιρίου	Μονοκατοικία
<ul style="list-style-type: none"><li><b>Ελλάδα</b></li></ul>	<p>Αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης με αντλίες θερμότητας ή με συστήματα θέρμανσης που είναι διασυνδεδεμένα όπου υπάρχει διαθεσιμότητα</p> <p>Μηχανικός αειρισμός με ανάκτηση θερμότητας (όπου δεν υπάρχει)</p> <p>Χρήση μέσων αποθήκευσης ηλεκτρικής ή/και θερμικής ενέργειας</p> <p>Συστήματα Vehicle – To – Grid (V2G) δηλαδή αφίδρομη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων</p>

## 5.5 Αποτελέσματα Έρευνας

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται αναλυτική εξέταση των αποτελεσμάτων του Δείκτη Ευφυούς Ετοιμότητας (SRI) για την επιλεγμένη κατηγορία κτιρίου και τη συγκεκριμένη κλιματική ζώνη. Στη συνέχεια, διερευνάται πώς τα έξυπνα σενάρια ανακαίνισης επηρεάζουν την αύξηση των επιπέδων έξυπνης λειτουργίας του κτιρίου και τον αντίστοιχο SRI που προκύπτει. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του δείκτη γίνεται ξεχωριστά για το κάθε σενάριο. Στο τέλος γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση με τη μορφή γραφημάτων, των τελικών αποτελεσμάτων που αφορούν δείκτη SRI του κτιρίου αλλά και των επιμέρους δεικτών για την κάθε λειτουργία – κλειδί τις οποίες συμβολίζουμε με το  $SR_{fi}$  ( $i=1,2,3$ ). Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση υπολογιστικού φύλλου.

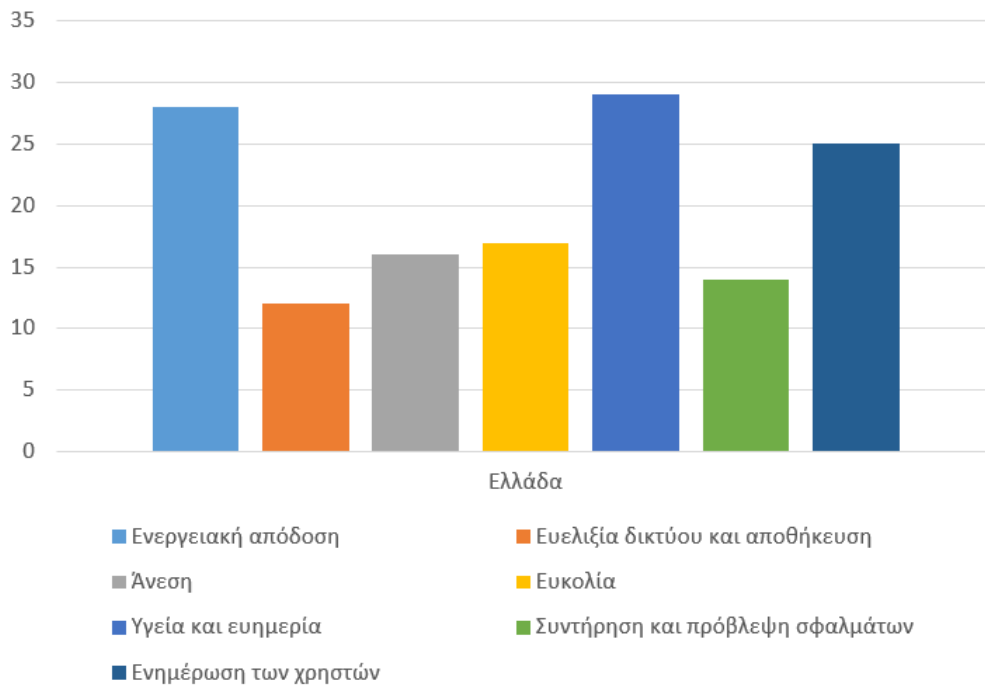
### 5.5.1 Σενάριο Αναφοράς για την Μέθοδο A και Μέθοδο B

Τα σενάρια εφαρμόστηκαν για τον υπολογισμό του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI) με την βοήθεια της Μεθόδου A και B που αναφέρονται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Από την ανάλυση εξαιρέθηκε η Μέθοδος C, λόγω απουσίας δεδομένων πραγματικού χρόνου. Όσο αφορά το υπολογισμό του SRI για το υπό εξέταση κτίριο, βάσει του σεναρίου Αναφοράς της Μεθόδου A τόσο ο δείκτης όσο και οι λειτουργίες – κλειδιά, σημείωσαν σχετικά υψηλές τιμές (Πίνακας 5.6). Τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα καθώς η εξεταζόμενη μονοκατοικία (SFH) για το σενάριο Αναφοράς της Μεθόδου A, διαθέτει αρκετές από τις ευφείς υπηρεσίες των 9 τεχνικών τομέων που λήφθηκαν υπόψη (πίνακας 5.2), με αποτέλεσμα την κατάταξη της στην κατηγορία F. Από την άλλη μεριά, το αποτέλεσμα του δείκτη δείχνει περιθώρια βελτίωσης όσο αφορά την ευφυή ετοιμότητα του κτιρίου. Επιπλέον, όσο αφορά για το σενάριο Αναφοράς της Μεθόδου B, οδήγησε σε χαμηλότερες τιμές έναντι της Μεθόδου A, όπου κατατάσσεται στην κατηγορία G. Στη συνέχεια παρουσιάζονται με την μορφή γραφημάτων οι συνολικοί βαθμοί για τα επτά κριτήρια επίδρασης αλλά και οι εννέα τομείς του σεναρίου Αναφοράς (Μέθοδος A και B). Τέλος, η ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών τόσο για την περίπτωση της Μεθόδου A όσο και για την περίπτωση της Μεθόδου B έλαβε την μεγαλύτερη τιμή.

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα Σεναρίου Αναφοράς Μεθόδου A - B

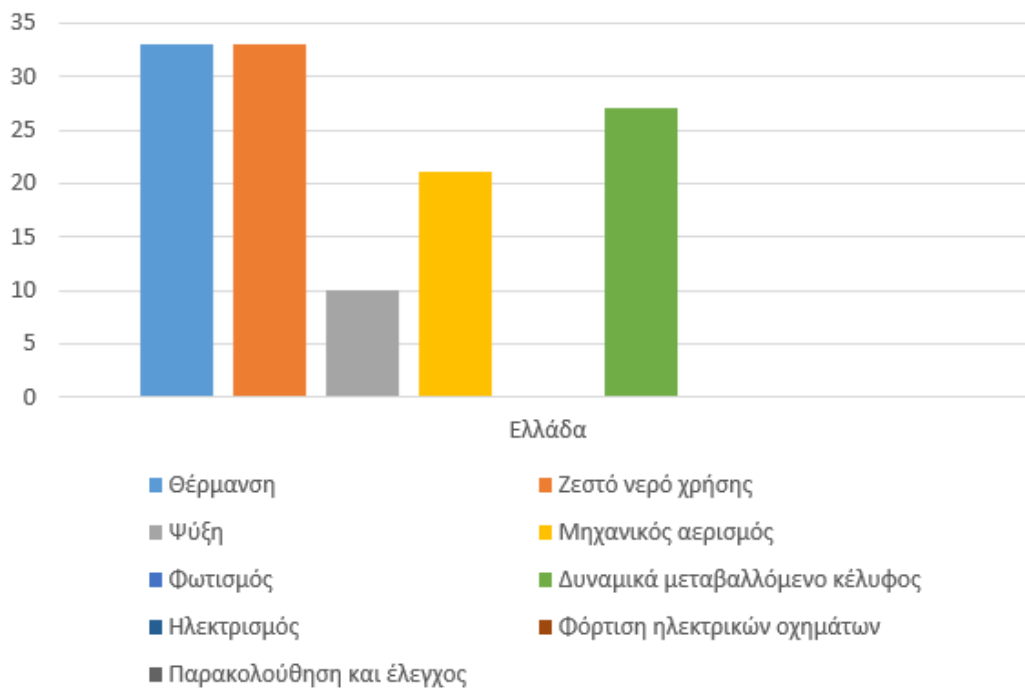
<b>Σενάριο Αναφοράς</b>		
<b>Μέθοδοι</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Κλιματική Ζώνη</b>	<b>Νότιο - Ανατολική Ευρώπη</b>	
<b>Τεχνικοί Τομείς</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θέρμανση</li> <li>• Ζεστό Νερό Χρήσης</li> <li>• Ψύξη</li> <li>• Μηχανικός Αερισμός</li> <li>• Φωτισμός</li> <li>• Δυναμικά Μεταβαλλόμενος Κέλυφος</li> </ul>	
<b>SRI</b>	<b>20% (F)</b>	<b>14% (G)</b>
<b><math>SR_{f1}</math></b>	21%	17%
<b><math>SR_{f2}</math></b>	22%	18%
<b><math>SR_{f3}</math></b>	12%	5%

### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Α)



Εικόνα 5.1: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Α)

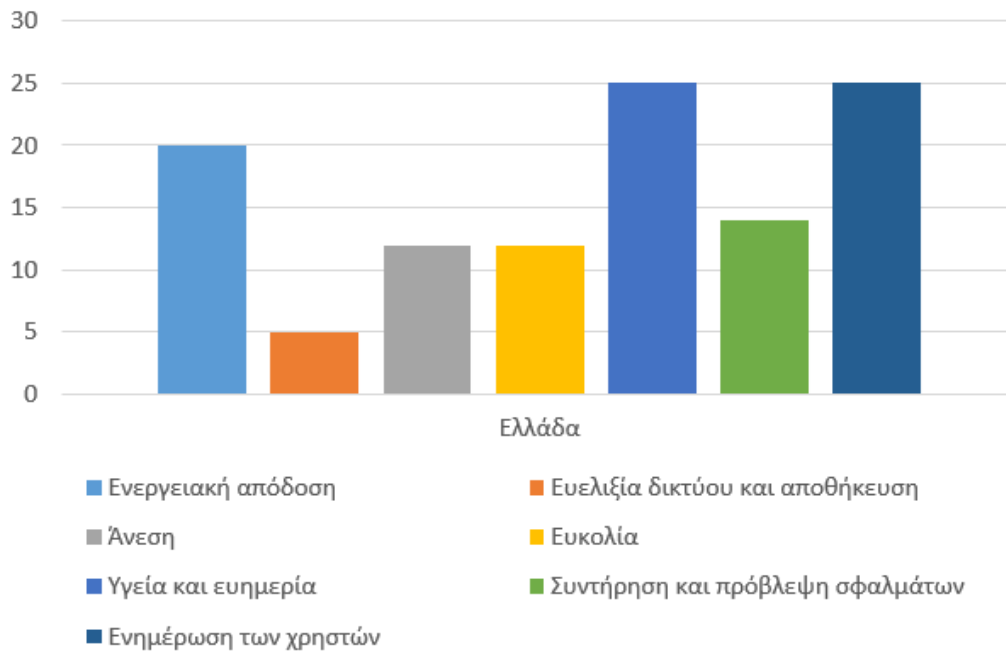
### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Α)



Εικόνα 5.2: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Α)

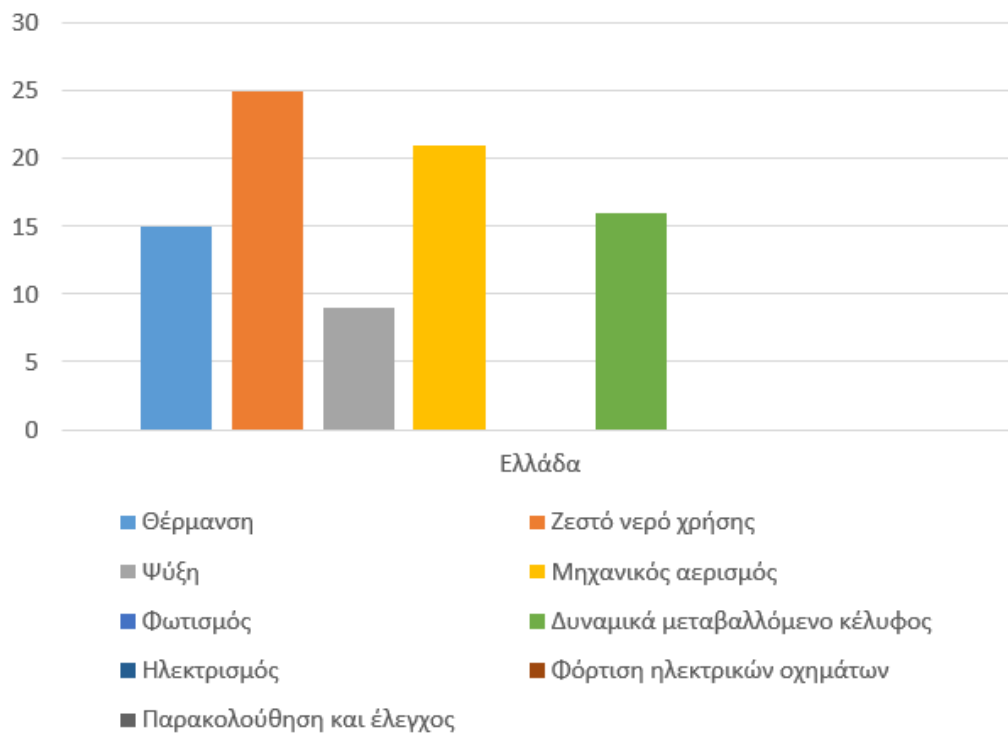


### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.3: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Β)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.4: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Σενάριο Αναφοράς (Μέθοδος Β)

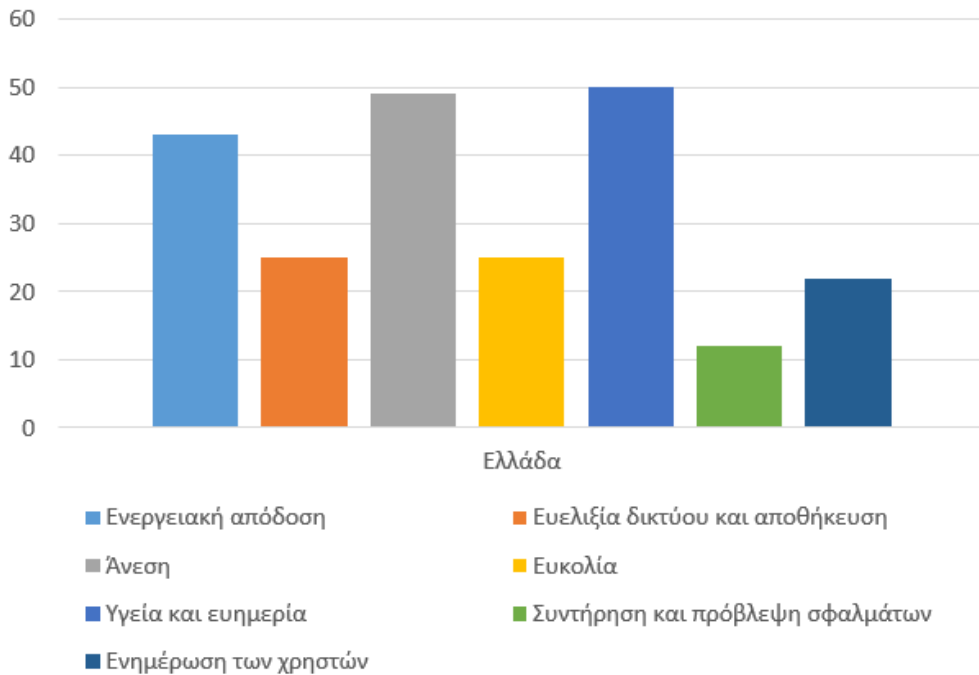
### 5.5.2 Απαισιόδοξο Σενάριο για την Μέθοδο A και Μέθοδο B

Στο Απαισιόδοξο σενάριο, ο δείκτης SRI αλλά και οι δείκτες των τριών λειτουργιών – κλειδιών παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από αυτές που καταγράφηκαν στο Σεναρίο Αναφοράς. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Απαισιόδοξου Σεναρίου, η επιλογή των τεχνικών τομέων με βάση τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις, οδηγούν την μονοκατοικία (SFH) για την Μέθοδο A στην κατηγορία F, ενώ για την Μέθοδο B στην κατηγορία G. Το αποτέλεσμα αυτό είναι λογικό καθώς αφαιρέθηκαν τρεις τομείς, των οποίων οι υπηρεσίες είχαν επίπεδο λειτουργικότητας από 0 έως 1. Στη συνέχεια παρουσιάζονται με την μορφή γραφημάτων οι συνολικοί βαθμοί για τα επτά κριτήρια επίδρασης αλλά και οι εννέα τομείς του Απαισιόδοξου Σεναρίου (Μέθοδος A και B). Στο σενάριο αυτό, η ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών έλαβε την μεγαλύτερη τιμή τόσο για την Μέθοδο A αλλά και για την Μέθοδο B.

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα Απαισιόδοξου Σεναρίου Μεθόδου A - B

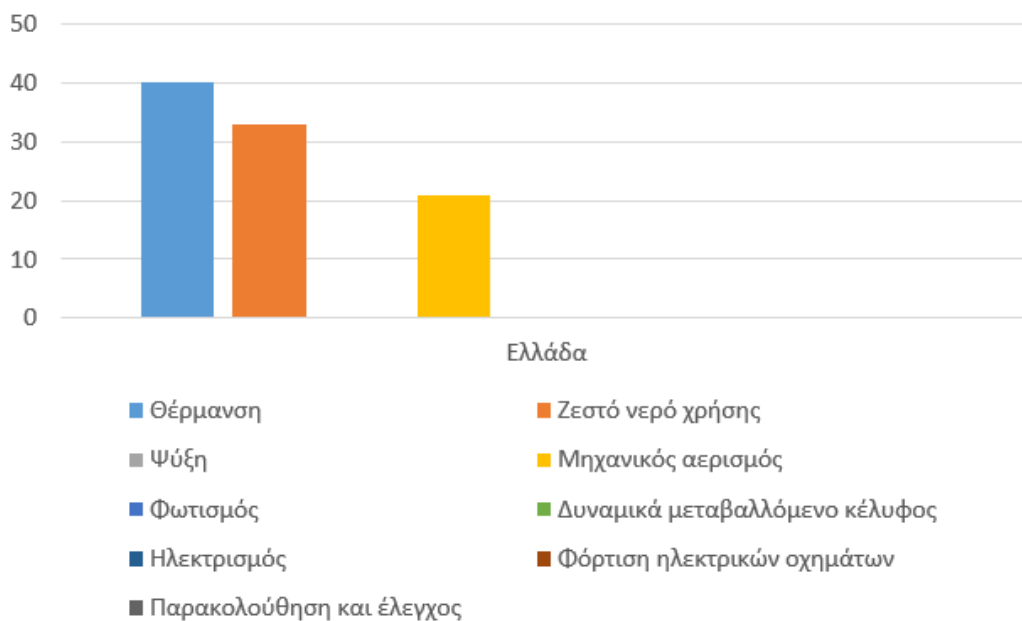
Απαισιόδοξο Σενάριο		
Μέθοδοι	A	B
Κλιματική Ζώνη	Νότιο - Ανατολική Ευρώπη	
Τεχνικοί Τομείς	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θέρμανση</li> <li>• Ζεστό Νερό Χρήσης</li> <li>• Μηχανικός Αερισμός</li> </ul>	
<b>SRI</b>	<b>32% (F)</b>	<b>20% (G)</b>
$SR_{f1}$	27%	22%
$SR_{f2}$	35%	29%
$SR_{f3}$	25%	6%

### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)



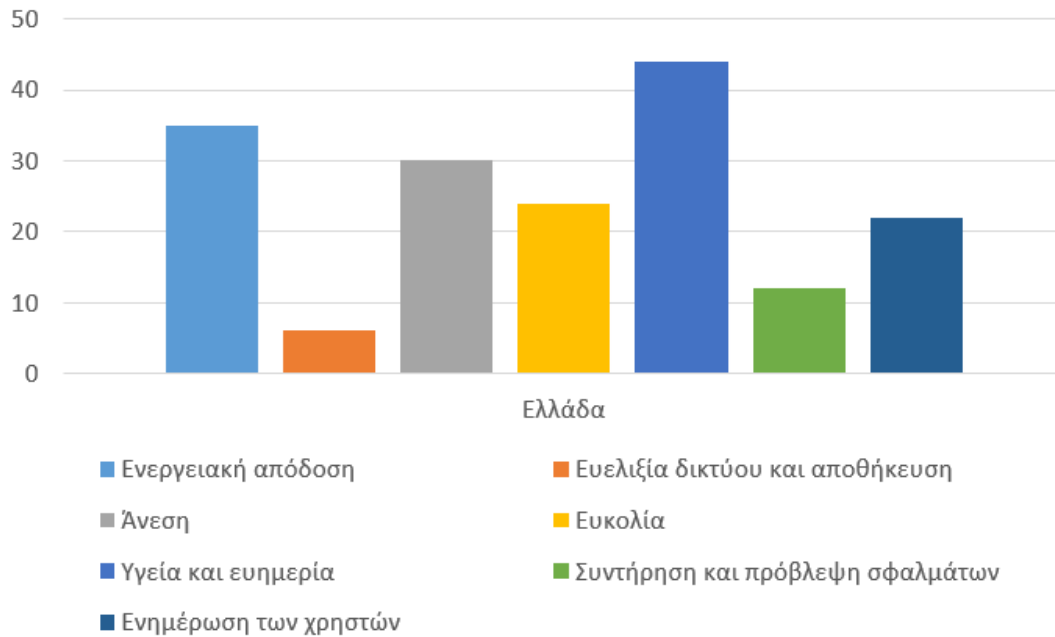
Εικόνα 5.5: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)



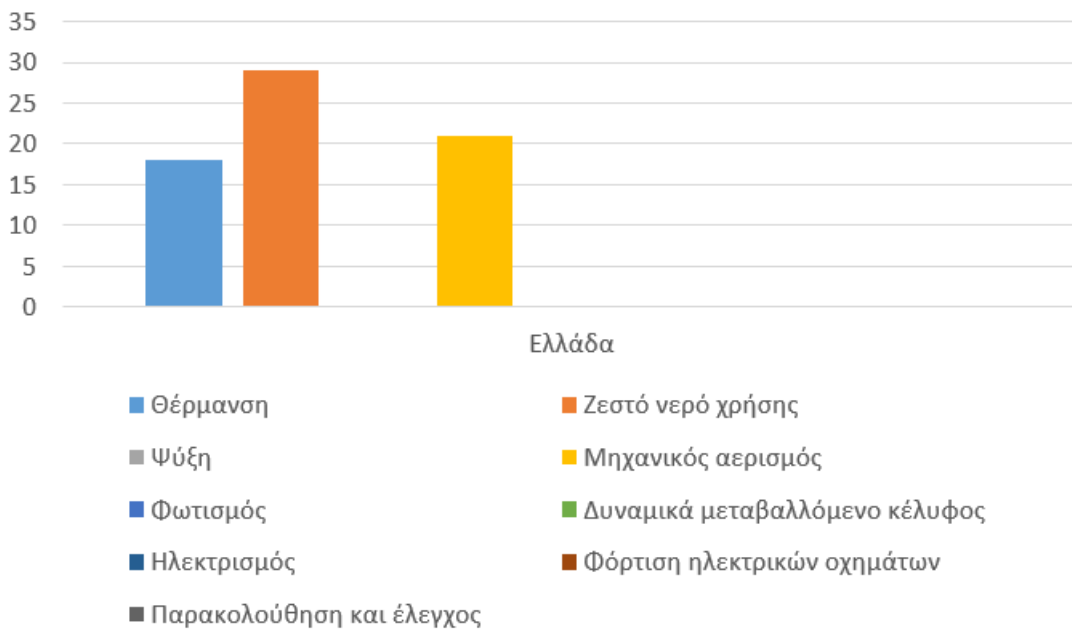
Εικόνα 5.6: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)

### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.7: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.8: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Απαισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)

### 5.5.3 Μετριοπαθές Σενάριο για την Μέθοδο A και Μέθοδο B

Το κτίριο πληρεί τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις και συμμορφώνεται με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση. Έτσι είναι πιο έτοιμο να μπορεί να προσαρμόσει τη λειτουργία του σύμφωνα με τις ανάγκες των χρηστών, παρά να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή του απόδοση αλλά και να προσαρμόσει τη λειτουργία του σε σήματα από το δίκτυο. Τα αποτελέσματα του δείκτη για το Μετριοπαθές σενάριο (Μέθοδος A), οδηγούν την μονοκατοικία (SFH) στην κατηγορία E, ενώ για την Μέθοδο B στην κατηγορία F.

Με την εφαρμογή των παρεμβάσεων αναβάθμισης σύμφωνα με τον πίνακα 5.4 του Μετριοπαθές Σεναρίου, παρατηρείται ότι αυξάνεται η τιμή της ενεργειακής απόδοσης. Τόσο ο αριθμός των τομέων (με βάση το Σενάριο Αναφοράς) όσο και η αύξηση των επιπέδων λειτουργικότητας των υπηρεσιών ευθύνονται για αυτό το γεγονός. Η διαφορά του Σεναρίου Αναφοράς (Μέθοδος A) σε σχέση με την αναβάθμιση του Μετριοπαθές Σεναρίου (Μέθοδος A) είναι πολύ μεγάλη καθώς φτάνει το 19%. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το Σενάριο Αναφοράς αποδίδει πολύ χαμηλότερες τιμές έναντι του Μετριοπαθές Σεναρίου για την Μέθοδο B. Στη συνέχεια παρουσιάζονται με την μορφή γραφημάτων οι συνολικοί βαθμοί για τα επτά κριτήρια επίδρασης αλλά και οι εννέα τομείς του Μετριοπαθές Σεναρίου (Μέθοδος A και B). Για τις λειτουργίες – κλειδιά των Μεθόδων A και B, την μεγαλύτερη τιμή έλαβε η ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών και για τις δύο περιπτώσεις.

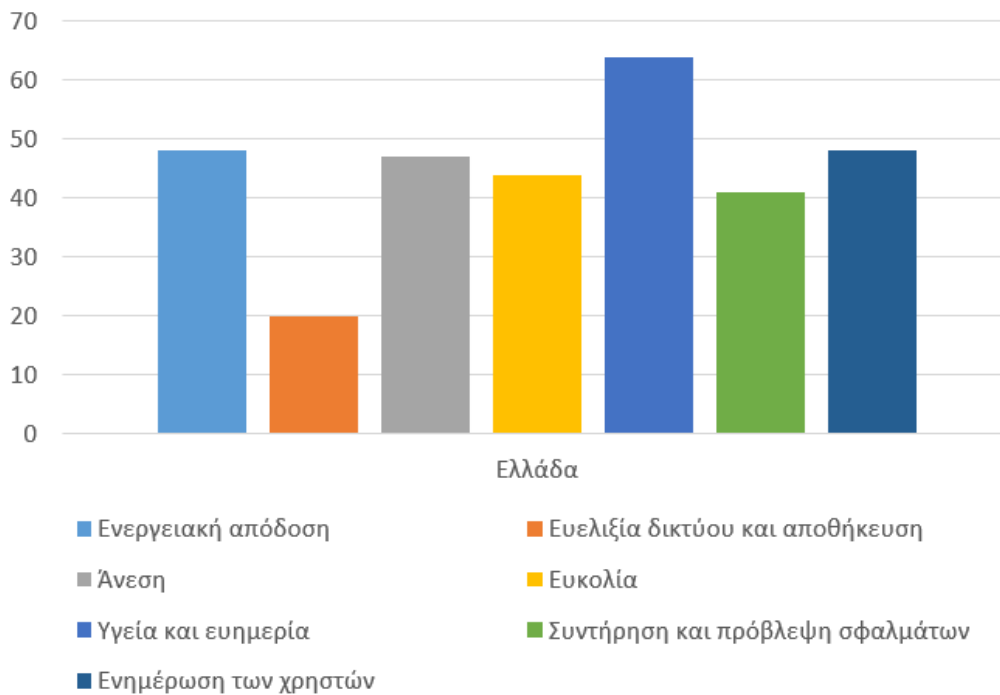
Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα Μετριοπαθές Σεναρίου Μεθόδου A – B

Μετριοπαθές Σενάριο		
Μέθοδοι	A	B
Κλιματική Ζώνη	Νότιο - Ανατολική Ευρώπη	
Τεχνικοί Τομείς	<ul style="list-style-type: none"><li>• Θέρμανση</li><li>• Ζεστό νερό χρήσης</li><li>• Ψύξη</li><li>• Μηχανικός Αερισμός</li><li>• Φωτισμός</li></ul>	

- Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος
- Ηλεκτρισμός
- Παρακολούθηση και Έλεγχος

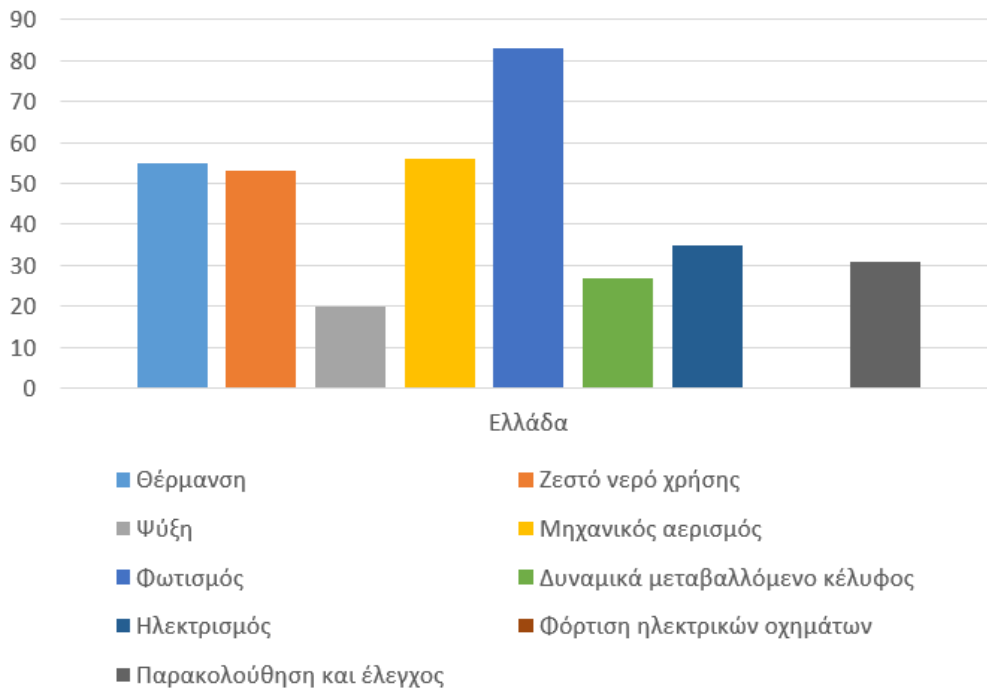
<b>SRI</b>	<b>41% (E)</b>	<b>29% (F)</b>
$SR_{f1}$	44%	38%
$SR_{f2}$	51%	40%
$SR_{f3}$	20%	8%

Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης  
 για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Α)



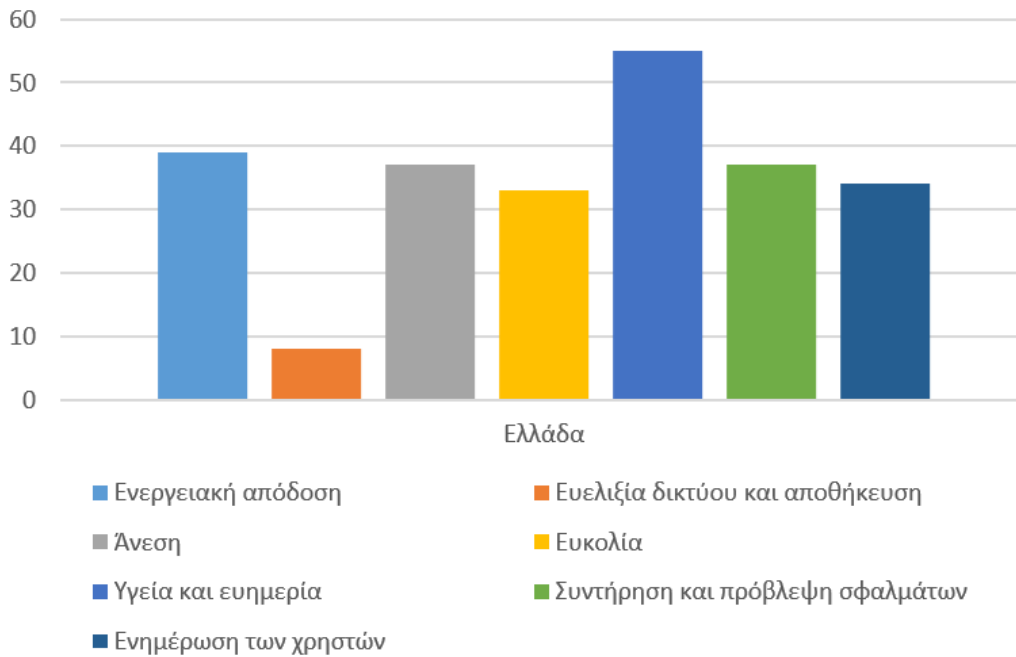
Εικόνα 5.9: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Α)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Α)



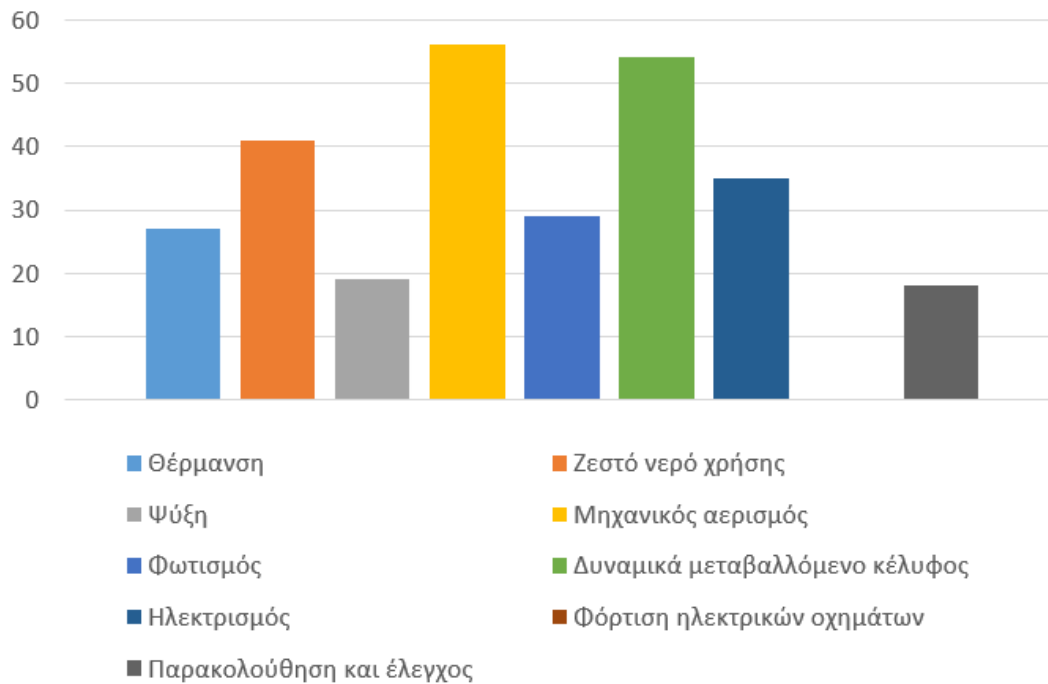
Εικόνα 5.10: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Α)

### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.11: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Β)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.12: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Μετριοπαθές Σενάριο (Μέθοδος Β)

#### 5.5.4 Αισιόδοξο Σενάριο για την Μέθοδο Α και Μέθοδο Β

Με την εφαρμογή των παρεμβάσεων για το Αισιόδοξο Σενάριο, παρατηρείται σημαντική αύξηση των βαθμολογιών που σχετίζονται με το κτίριο και την προσαρμογή του σε σήματα από το δίκτυο. Ταυτόχρονα, παρατηρείται επίσης μια σημαντική, αν και συγκριτικά μικρότερη, αύξηση προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης σε σχέση με το Μετριοπαθές Σενάριο. Η αύξηση της λειτουργίας που αφορά την ευελιξία του δικτύου οφείλεται στην εγκατάσταση φορτιστών για ηλεκτρικά οχήματα και τη χρήση ευέλικτων αποθηκών ενέργειας με διπλή κατεύθυνση (Vehicle-to-Grid) που εφαρμόζονται στο Αισιόδοξο Σενάριο. Επιπλέον, ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η αξιοποίηση βέλτιστων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συστημάτων θέρμανσης. Ο συνδυασμός των δύο τομέων επηρέασαν περισσότερο την αύξηση του συνολικού βαθμού του SRI, τόσο για την Μέθοδο Α όσο και για την Μέθοδο Β.

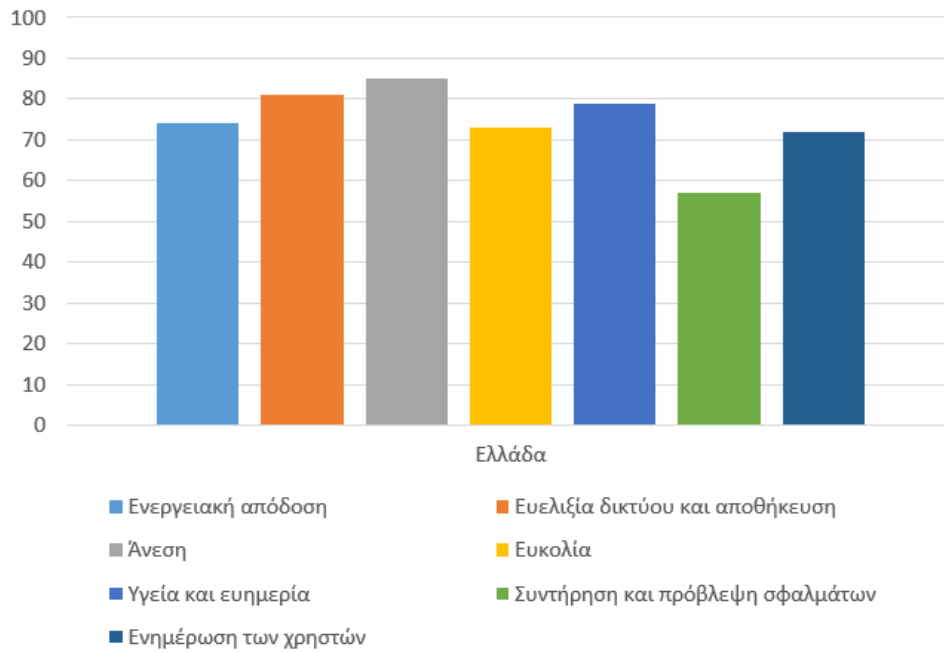


Τα αποτελέσματα του δείκτη για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α – Μέθοδο Β), οδηγούν την μονοκατοικία (SFH) στην κατηγορία C. Οι παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν αναφέρονται στον Πίνακα 5.5, οποίες επηρέασαν σημαντικά τη βελτίωση στην συνολική βαθμολογία του SRI. Ο κύριος στόχος της ανακαίνισης στο Αισιόδοξο Σενάριο επικεντρώνεται στην αύξηση της έξυπνης λειτουργικότητας του κτιρίου. Η διαφορά του Μετριοπαθές Σεναρίου σε σχέση με την αναβάθμιση του Αισιόδοξου Σεναρίου έχει να κάνει τόσο στο στον βαθμό λειτουργικότητας ορισμένων υπηρεσιών αλλά και σε έναν συγκεκριμένο τομέα που αφορά την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται με τη μορφή γραφημάτων οι συνολικοί βαθμοί για τα επτά κριτήρια επίδρασης αλλά και οι εννέα τομείς του Αισιόδοξου Σεναρίου (Μέθοδος Α και Β). Τέλος για τις λειτουργίες – κλειδιά των Μεθόδων Α και Β, την μεγαλύτερη τιμή έλαβε η ευελιξία του δικτύου και για τις δύο περιπτώσεις.

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα Αισιόδοξου Σεναρίου Μεθόδου Α – Β

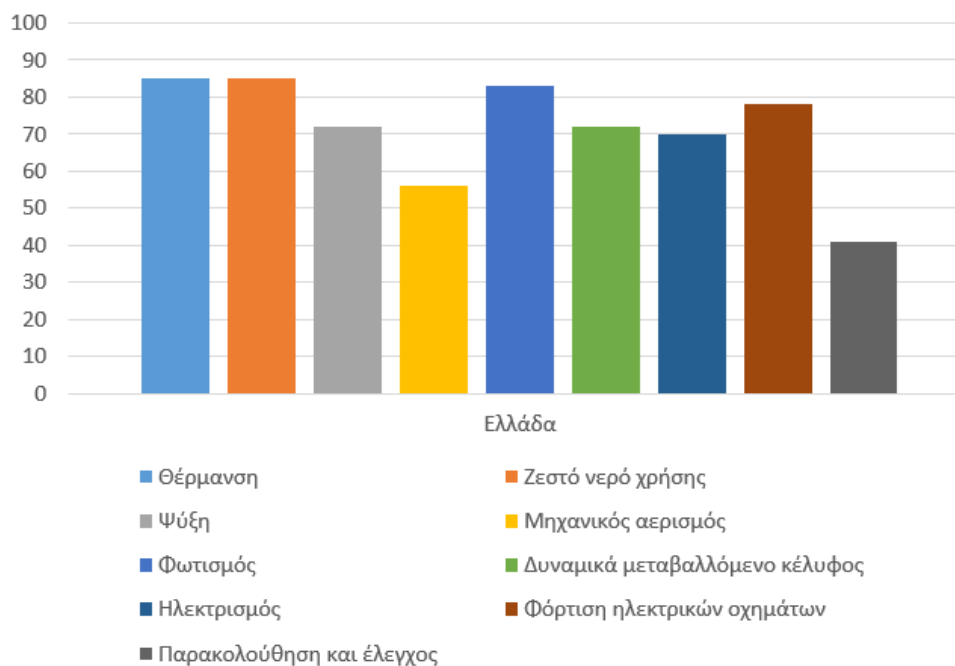
Αισιόδοξο Σενάριο		
Μέθοδοι	A	B
Κλιματική Ζώνη	Νότια - Ανατολική Ευρώπη	
Τεχνικοί Τομείς	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θέρμανση</li> <li>• Ζεστό νερό χρήσης</li> <li>• Ψύξη</li> <li>• Μηχανικός Αερισμός</li> <li>• Φωτισμός</li> <li>• Δυναμικά Μεταβαλλόμενο Κέλυφος</li> <li>• Ηλεκτρισμός</li> <li>• Φόρτιση Ηλεκτρικών Οχημάτων</li> <li>• Παρακολούθηση - Έλεγχος</li> </ul>	
<b>SRI</b>	<b>74% (C)</b>	<b>69%(C)</b>
<b>SR<sub>f1</sub></b>	65%	62%
<b>SR<sub>f2</sub></b>	77%	68%
<b>SR<sub>f3</sub></b>	81%	75%

Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το  
 Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)



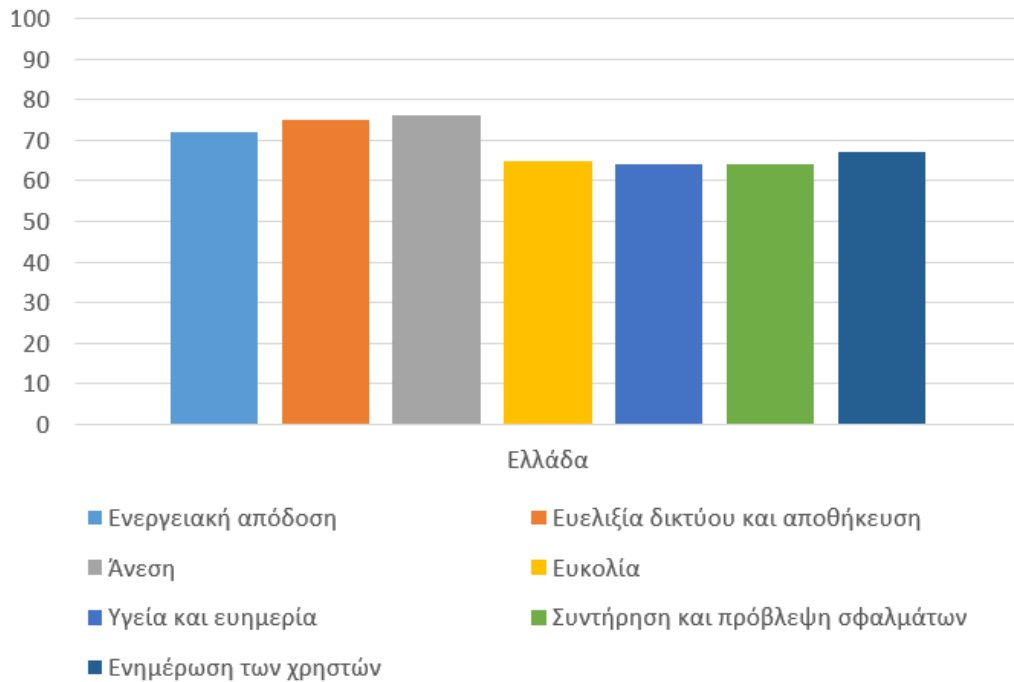
Εικόνα 5.13: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)

Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το  
 Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)



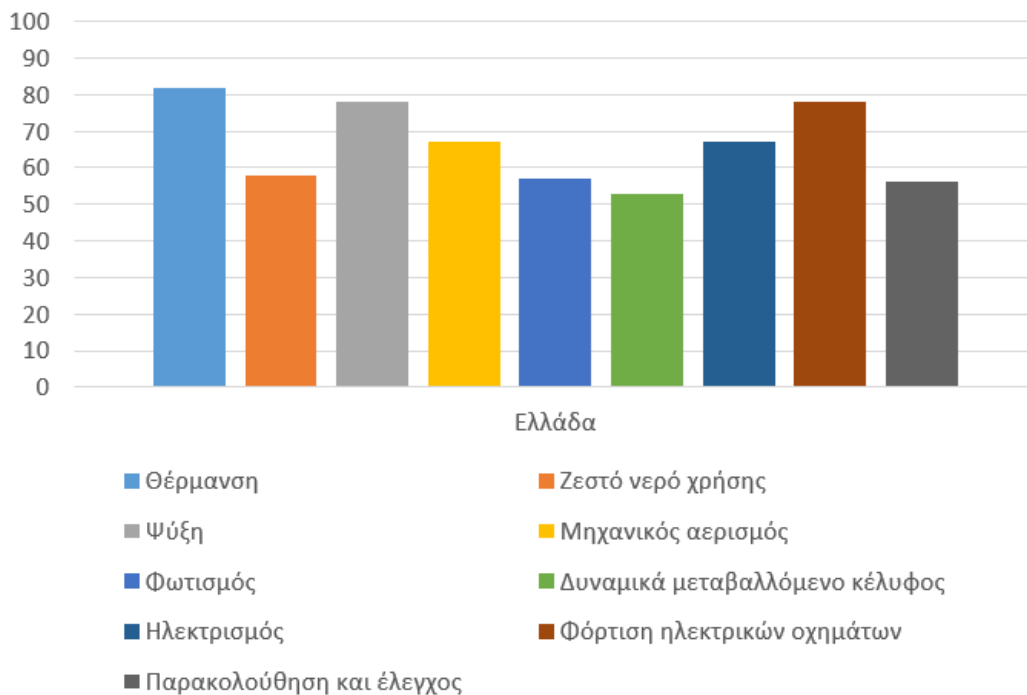
Εικόνα 5.14: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Α)

### Συνολικοί βαθμοί για τα 7 κριτήρια επίδρασης για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)



Εικόνα 5.15: Συνολικά αποτελέσματα για τα 7 κριτήρια επίδρασης που ορίζονται από το SRI για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)

### Συνολικοί βαθμοί για τους 9 τομείς για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)



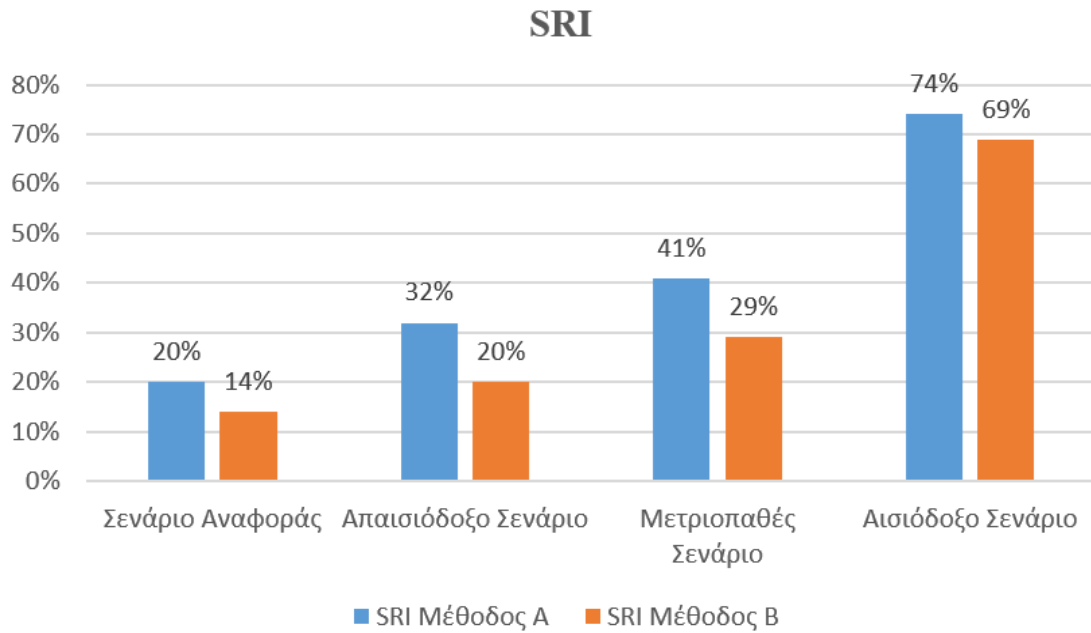
Εικόνα 5.16: Συνολικά αποτελέσματα για τους 9 τομείς που ορίζονται από το SRI για το Αισιόδοξο Σενάριο (Μέθοδος Β)

### 5.5.5 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται μια συγκεντρωτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τα τέσσερα σενάρια και τις μεθόδους τους με τη χρήση διαγραμμάτων, προκειμένου να διευκολυνθεί η κατανόηση και η αξιολόγησή τους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται γραφήματα που αφορούν τον δείκτη ευφυούς ετοιμότητας SRI, καθώς και τους επιμέρους δείκτες των τριών λειτουργιών.

#### Δείκτης Ευφυούς Ετοιμότητας - SRI

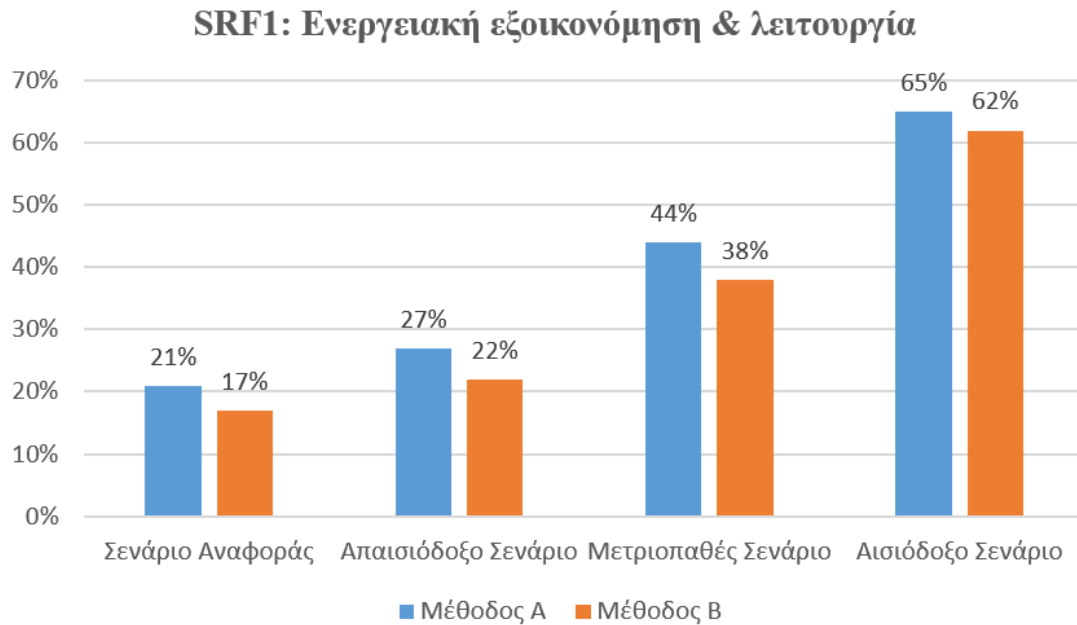
Στην εικόνα 5.17 διακρίνεται μια ομαλή αύξηση του δείκτη SRI ανά σενάριο και αντίστοιχα για τις Μεθόδους A - B. Φαίνεται ότι το Αισιόδοξο Σενάριο ήταν το πιο ευνοϊκό σύμφωνα με την εκτίμηση καθώς ο δείκτης έλαβε την μέγιστη τιμή, με 74% για την Μέθοδο A και 69% για την Μέθοδο B. Έπειτα το Μετριοπαθές Σενάριο αναβάθμισης, με τις περιπτώσεις της Μεθόδου A και B, οδήγησαν αρκετά μεγάλες τιμές ίσες με 41% και 29% αντίστοιχα. Αντιθέτως το Σενάριο Αναφοράς σημείωσε την ελάχιστη βαθμολογία καθώς, κατά τον υπολογισμό του δείκτη λήφθηκε υπόψη η πραγματική κατάσταση του κτιρίου χωρίς τις αναβαθμίσεις. Η τιμή που έλαβε το Σενάριο Αναφοράς για την Μέθοδο A ήταν 20% και αντίστοιχα για την Μέθοδο B 14%. Επιπλέον, το Απαισιόδοξο Σενάριο υπολογίστηκε με βάση τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις δηλαδή τους τομείς της Θέρμανσης, Μηχανικός Αερισμός και Ζεστό νερό χρήσης με τους ίδιους βαθμούς λειτουργικότητας που έλαβαν και στο Σενάριο Αναφοράς. Ωστόσο το Απαισιόδοξο Σενάριο έδειξε καλύτερα αποτελέσματα έναντι του Σεναρίου Αναφοράς διότι αφαιρέθηκαν τρεις τομείς και οι τιμές που έλαβε ο δείκτης για την Μέθοδο A είναι 32% και για την Μέθοδο B είναι 20%.



Εικόνα 5.17: Δείκτης ευφούς ετοιμότητας κτιρίου

### Επί Μέρους δείκτης Ευφούς Ετοιμότητας - $SR_{f1}$

Παρατηρείται ότι για την λειτουργία – κλειδί ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία διακρίνονται αυξομειώσεις (Εικόνα 5.18). Το Αισιόδοξο Σενάριο αναβάθμισης εξακολουθεί να δίνει μέγιστες τιμές τόσο για την Μέθοδο A όσο και για την Μέθοδο B. Οι τιμές που λαμβάνει το Αισιόδοξο Σενάριο για την λειτουργία - κλειδί ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία είναι για την Μέθοδο A 65% και για την Μέθοδο B 62%. Στη συνέχεια ακολουθεί το Μετριοπαθές Σενάριο αναβάθμισης όπου δίνει σχετικά καλά αποτελέσματα σύμφωνα με τις αναβαθμίσεις που λήφθηκαν υπόψη. Έτσι για την Μέθοδο A του Μετριοπαθές Σεναρίου η τιμή φτάνει το 44% ενώ για την Μέθοδο B το 38%. Στη συνέχεια ακολουθεί το Απαισιόδοξο Σενάριο που έχει ως σημείο αναφοράς τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις και οι τιμές του έφτασαν το 27% για την Μέθοδο A και αντίστοιχα το 22% για την Μέθοδο B. Τέλος το Σενάριο Αναφοράς, όπου βασίστηκε στα συστήματα του κτιρίου που πραγματικά διαθέτει. Οι τιμές που έλαβε η λειτουργία – κλειδί της ενεργειακής εξοικονόμησης και λειτουργία για την Μέθοδο A έφτασαν το 21% και για την Μέθοδο B το 17%.

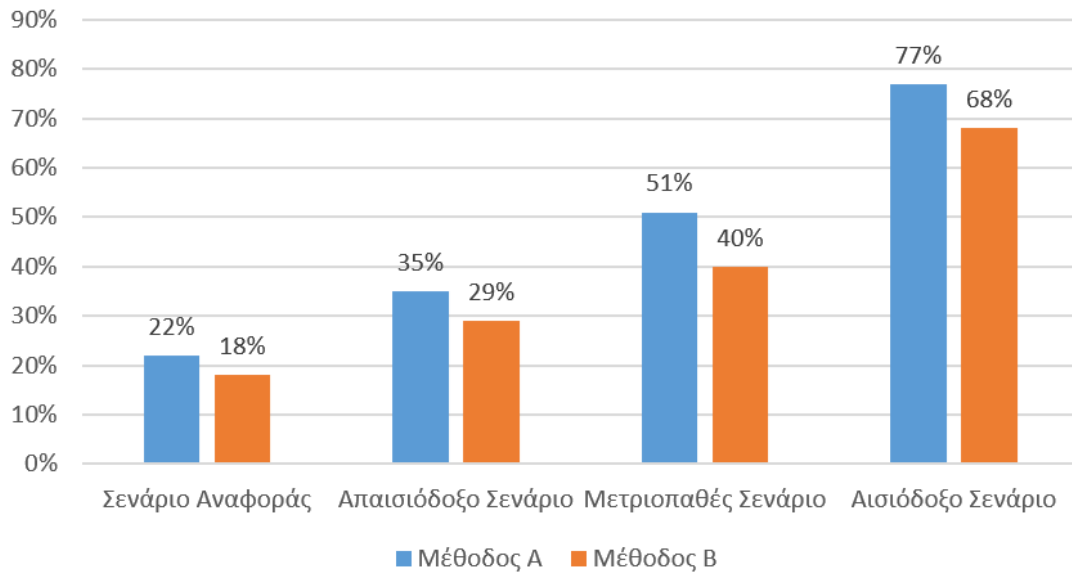


Εικόνα 5.18: Δείκτης ευφούς ετοιμότητας λειτουργίας - κλειδί 1

### Επί Μέρους δείκτης Ευφούς Ετοιμότητας - $SR_{f2}$

Όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω Εικόνα 5.19 διακρίνονται αυξομειώσεις για όλα τα Σενάρια και τις περιπτώσεις. Η ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών ικανοποιεί κατά το μέγιστο, το Αισιόδοξο Σενάριο της Μεθόδου Α αναβάθμισης με την τιμή να φτάνει το 77% και για τη Μέθοδο Β το 68%. Έπειτα ακολουθεί το Μετριοπαθές Σενάριο της Μεθόδου Α με 51% και η Μέθοδος Β με 40%. Στη συνέχεια ακολουθεί το Απαισιόδοξο Σενάριο της Μεθόδου Α με την τιμή 35% και αντίστοιχα για την Μέθοδο Β 29%. Τέλος, το Σενάριο Αναφοράς της Μεθόδου Α - Β μας δείχνει την πραγματική κατάσταση του κτιρίου και αποδίδει τιμές ίσες με 22% και 18% αντίστοιχα. Ωστόσο, βάσει των διαγραμμάτων, παρατηρείται ότι η μονοκατοικία (SFH - Single-Family House), εφόσον πληροί τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις και συμμορφώνεται με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ενεργειακή απόδοση, είναι πιθανότατα πιο πρόθυμη να προσαρμόσει τη λειτουργία της ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες των χρηστών, παρά να επικεντρωθεί κυρίως στο να βελτιώσει την ενεργειακή της απόδοση και τη λειτουργία της σύμφωνα με τα σήματα από το δίκτυο.

### SRF2: Ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών

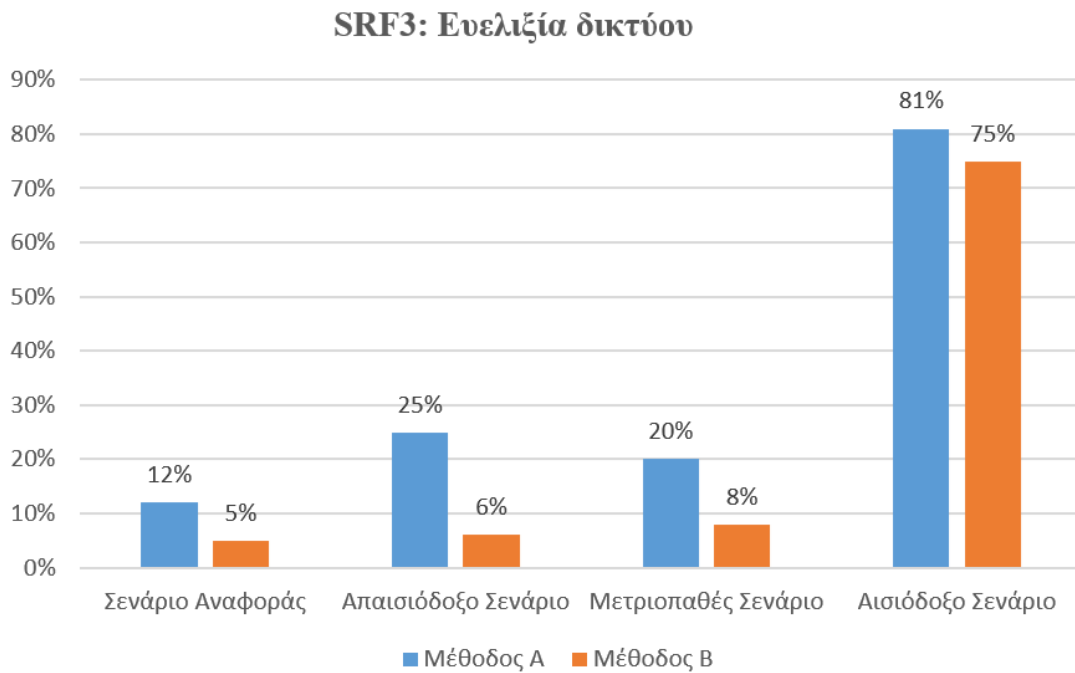


Εικόνα 5.19: Δείκτης ευφούς ετοιμότητας λειτουργίας - κλειδί 2

### Επί Μέρους δείκτης Ευφούς Ετοιμότητας - $SR_{f3}$

Ο επι μέρους δείκτης της ευελιξίας του δικτύου παρουσιάζει μια σημαντικά διαφορετική εικόνα σε σύγκριση με τις προηγούμενες αναλύσεις (Εικόνα 5.20). Σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε μεγάλες διαφορές στα Σενάρια, όπου τις μεγαλύτερες τιμές εξακολουθεί να λαμβάνει το Αισιόδοξο Σενάριο τόσο για το Μέθοδο A όσο και για την Μέθοδο B. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς στο Αισιόδοξο Σενάριο δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση σε αναβαθμίσεις που έχουν να κάνουν με την προσαρμογή του κτιρίου σε σήματα από το δίκτυο. Η αύξηση της λειτουργίας που αφορά την ευελιξία του δικτύου οφείλεται στην εγκατάσταση φορτιστών για ηλεκτρικά οχήματα και τη χρήση ευέλικτων αποθηκών ενέργειας με διπλή κατεύθυνση (Vehicle-to-Grid) που εφαρμόζονται στο Αισιόδοξο Σενάριο. Έτσι οι τιμές που λαμβάνει το Αισιόδοξο Σενάριο της Μεθόδου A για τον επι μέρους δείκτη της ευελιξίας του δικτύου είναι 81% και αντίστοιχα για την Μέθοδο B είναι 75%. Επίσης διαπιστώνουμε ότι η αμέσως μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει το Απαισιόδοξο Σενάριο σε αντίθεση με την αναβάθμιση του Μετριοπαθές Σεναρίου. Αυτό συμβαίνει διότι στο Απαισιόδοξο Σενάριο εξετάζονται οι ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις όπου περιορίζεται σε τρεις τεχνικούς τομείς (Θέρμανση, Ζεστό νερό χρήσης, Μηχανικός αερισμός). Οι τιμές που λαμβάνει το Απαισιόδοξο Σενάριο είναι 25% για την Μέθοδο

A και 6% για την Μέθοδο B. Αμέσως μετά το Μετριοπαθές Σενάριο με τις τιμές 20% και 8% αντίστοιχα για την Μέθοδο A – B. Τέλος, το Σενάριο Αναφοράς που εξετάζεται η πραγματική κατάσταση του κτιρίου λαμβάνει τις τιμές 12% και 5% για την Μέθοδο A - B.



Εικόνα 5.20: Δείκτης ευφούς ετοιμότητας λειτουργίας - κλειδί 3



## 6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας ανακεφαλαιώνει τα σημαντικότερα σημεία που εξετάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη θεωρητική ανάλυση και την πρακτική εφαρμογή του δείκτη. Το κεφάλαιο κλείνει με προτάσεις για μελλοντικές έρευνες και μελέτες πάνω σε αυτό το θέμα.

### 6.1 Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται στη μελέτη του πρώτου δείκτη αποτίμησης για την έξυπνη ετοιμότητα κτιρίων, γνωστού ως Smart Readiness Indicator (SRI), που εισήχθη στην ευρωπαϊκή νομοθεσία το 2018, μέσω της αναθεωρημένης οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται μια διαλογή των ευφών έτοιμων υπηρεσιών όπου ο δείκτης SRI αξιολογεί τα κτίρια. Το κτίριο αξιολογείται με βάση εννέα τεχνικών τομέων, λαμβάνοντας υπόψη επτά κριτηρίων επίδρασης. Η απόδοση των παρεχόμενων υπηρεσιών υπολογίζεται μέσω πολυκριτήριας ανάλυσης, και οι επιμέρους δείκτες συνδέονται με τρεις βασικές λειτουργίες – κλειδιά: την ενεργειακή εξοικονόμηση και λειτουργία, την ικανότητα ανταπόκρισης στις ανάγκες των χρηστών και την ευελιξία δικτύου του κτιρίου. Συνολικά, η παρούσα εργασία ασχολείται με την καθιέρωση, χρήση και αξιολόγηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας SRI στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη έξυπνων και αποδοτικών κτιρίων στο μέλλον. Ο στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει εναλλακτικά σενάρια βελτίωσης ενός κτιρίου, να αξιολογήσει το κτίριο χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές μεθόδους (Α και Β) για το δείκτη ευφυούς ετοιμότητας (SRI) και να εντοπίσει πιθανούς τρόπους αύξησης του επιπέδου "έξυπνης λειτουργίας".

Για την μεθοδολογία υπολογισμού, ο δείκτης εφαρμόστηκε για μονοκατοικία (SHF – Single – Family Houses) που βρίσκεται στον νομό Ευβοίας και συγκεκριμένα στον δήμο Κύμης – Αλιβερίου, άρα στην κλιματική ζώνη της Νότιο - Ανατολικής Ευρώπης. Η κατοικία είναι κατασκευασμένη το 2009, είναι πλημμελώς θερμονωμένη και διαθέτει συστήματα: θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης, μηχανικού αερισμού, φωτισμού και δυναμικά μεταβαλλόμενο κέλυφος (Πίνακας 5.2). Οι μέθοδοι

υπολογισμού του δείκτη, ήταν η απλοποιημένη μέθοδος Α και η αναλυτική μέθοδος Β.

Διαμορφώθηκαν τέσσερα σενάρια για τον υπολογισμό του δείκτη και των επιμέρους δεικτών: το Σενάριο Αναφοράς (Πίνακας 5.2), στο οποίο ελήφθησαν υπόψη οι τεχνικοί τομείς που πραγματικά διέθετε το κτίριο, το Απαισιόδοξο Σενάριο (Πίνακας 5.3) στο οποίο συμπεριλαμβάνονται μόνο οι τεχνικοί τομείς με βάση τις ελάχιστες εθνικές απαιτήσεις. Έπειτα ακολούθησε το Μετριοπαθές Σενάριο (Πίνακας 5.4) αναβάθμισης προβλέπει τη λήψη παρεμβάσεων και την αύξηση της έξυπνης λειτουργικότητας του κτίριου που έχει ως σημείο αναφοράς το Σενάριο Αναφοράς. Τέλος, το Αισιόδοξο Σενάριο (Πίνακας 5.5) αποτελεί το τελευταίο στάδιο της έρευνας με σημείο αναφοράς το Μετριοπαθές Σενάριο όπου λαμβάνονται υπόψη μέτρα ανακαίνισης που εστιάζουν στην παροχή μεγαλύτερης ευελιξίας στο δίκτυο δηλαδή οι ανακαινιστικές δράσεις που στοχεύουν σε τεχνολογίες και διαδικασίες που επιτρέπουν στα κτίρια να παράγουν περισσότερη ενέργεια από ό,τι καταναλώνουν.

Για την αρχική κατάσταση η αξιολόγηση του SRI έδειξε ότι η μονοκατοικία ταξινομείται στην Κατηγορία F με ποσοστό 20% για την Μέθοδο Α και 14% για την Μέθοδο Β στην κατηγορία G. Όσο αφορά το Απαισιόδοξο Σενάριο, η βαθμολογία τόσο για την Μέθοδο Α αλλά και για την Μέθοδο Β ήταν αντίστοιχα 32% και 20% και ταξινομούνται στην κατηγορία F και G. Αυτό οφείλεται στην μείωση των τεχνικών τομέων καθώς η εξέταση του Απαισιόδοξου Σεναρίου στηρίχτηκε στους τεχνικούς τομείς: θέρμανσης, ζεστό νερό χρήσης και μηχανικό αερισμό όπου αποτελούν τις ελάχιστες εθνικές. Οι επιλογές αναβάθμισης στο Μετριοπαθές Σενάριο οδήγησαν σε βελτιωμένες βαθμολογίες SRI, κατατάσσοντας το κτίριο για την Μέθοδο Α στην κατηγορία E και για την Μέθοδο Β στην F. Η βαθμολογία για την μονοκατοικία ήταν αντίστοιχα 41% και 29%. Το Αισιόδοξο Σενάριο κατέστησε δυνατή την επίτευξη της κατηγορίας C, με βαθμολογίες SRI 74% και 69%, αντίστοιχα για την Μέθοδο Α και την Β. Οι τιμές του δείκτη επηρεάζονται κυρίως από τις ευφύς αναβαθμίσεις, ενώ ελάχιστη επίδραση έχουν τα προκαθορισμένα βάρη βάσει της κλιματικής αλλαγής, όπως καθορίζει ο SRI στα τελικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, οι παρεμβάσεις που αφορούν τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων (BMS), την αντικατάσταση ή και την αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης, την υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων και τα συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας φαίνεται να προσφέρουν τη σημαντικότερη συμβολή στο SRI.

Η μεθοδολογία SRI λαμβάνει υπόψη την αξιολόγηση και κατατάσσει τα κτίρια όσον αφορά την έξυπνη λειτουργικότητα και θεσπίζει συγκεκριμένες προδιαγραφές για τα επίπεδα SRI (%). Αυτό δημιουργεί τη δυνατότητα ανάπτυξης πιστοποιητικών βασισμένων στο SRI για τα κτίρια. Εντός αυτού του πλαισίου, η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης που συνδυάζονται με τις έξυπνες ανακαινίσεις στα κτίρια μπορεί να αυξήσει την εξοικονόμηση ενέργειας. Παρά ταύτα, τα ευφυή συστήματα κτιρίων πρέπει να δείξουν ότι οι βελτιώσεις στη λειτουργία τους έχουν «αξία» σε σχέση με τα κόστη, που απαιτούνται για την εγκατάστασή τους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επίτευξης των επιθυμητών επιπέδων λειτουργικότητας και/ή ενεργειακής απόδοσης αλλά και με χρονικά πλαίσια αποπληρωμής που είναι ελκυστικά. Ωστόσο, η επόμενη φάση της έρευνας πρέπει να εξεταστεί ο τρόπος με τον οποίο οι παράγοντες βάρους που επιλέγονται από τους χρήστες επηρεάζουν το SRI, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές και λειτουργικές πτυχές του κτιρίου. Τα τελικά βάρη προκύπτουν από τη λεπτομερή αξιοποίηση της διαδικασίας υλοποίησης. Επιπλέον, πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση της έξυπνης ανακαίνισης στην πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας.

## 6.2 Προτάσεις

Κατά την διερευνητική ανάλυση του δείκτη ευφούς ετοιμότητας και την πρακτική του εφαρμογή, προέκυψαν ορισμένα σημεία που απαιτούν περαιτέρω ανάλυση. Αρχικώς, κατά τη θεωρητική εξέταση του δείκτη, παρατηρήθηκε ότι τα κτιριακά συστήματα αναδύονται ως κεντρικό ζήτημα, είτε αυτό αφορά τον τομέα της θέρμανσης, του ζεστού νερού χρήσης, του μηχανικού αερισμού, της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, είτε και σε άλλους τεχνικούς τομείς.

Ειδικά όσον αφορά τον τομέα του δυναμικά μεταβαλλόμενου περιβλήματος, έχουν αναλυθεί και αξιολογηθεί μια σειρά υπηρεσιών που στοχεύουν αποκλειστικά στην αυτοματοποίηση. Αυτές περιλαμβάνουν τρεις βασικές πτυχές: πρώτον, τον έλεγχο της σκίασης των ανοιγμάτων, δεύτερον, τον έλεγχο του ανοίγματος και κλεισίματος αυτών και τέλος, την παροχή στο χρήστη πληροφοριών σχετικά με την απόδοσή τους. Την ευφυή ετοιμότητα των κτιρίων ενδέχεται να αναβαθμίσει η χρήση των δυναμικά μεταβαλλόμενων υλικών στα δομικά στοιχεία (διαφανή – αδιαφανή). Τα παραδείγματα αυτής της τεχνολογίας περιλαμβάνουν τους ηλεκτροχρωμικούς

υαλοπίνακες, οι οποίοι επιτρέπουν τον έλεγχο της διαφάνειάς τους μέσω της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για να ρυθμίσουν την ηλιακή φωτεινότητα και τη θερμική ακτινοβολία που εισέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των παραθύρων. Αυτός ο τρόπος, μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση και την αίσθηση άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου.

Επιπλέον, η χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ μπορεί να προσφέρει επιπλέον ενεργειακή απόδοση και να συμβάλει στη ανεξαρτητοποίηση του κτιρίου από το δημόσιο δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στο κτίριο για διάφορες ανάγκες, όπως είναι οι ηλεκτρικές συσκευές, ο φωτισμός αλλά και η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, αντιμετωπίσαμε το ζήτημα του προσδιορισμού των υπηρεσιών που απαιτούνται για την αξιολόγηση των τεχνικών τομέων. Είναι πολύ σημαντικό να λάβουμε υπόψη τις απαιτούμενες υπηρεσίες για τα κτίρια, αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές αλλάζουν ανάλογα με την ισχύουσα νομοθεσία της κάθε χώρας. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα για τα κτίρια κατοικίας, υπάρχει υποχρέωση για τη μελέτη των τεχνικών τομέων της: i) θέρμανσης, ii) ζεστού νερού χρήσης και iii) μηχανικού αερισμού.

Συνεπώς, για να αξιολογηθούν οι υπηρεσίες των τεχνικών τομέων του ηλεκτρισμού, της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, του δυναμικά μεταβαλλόμενου κτιριακού κελύφους, της παρακολούθησης και ελέγχου, καθώς και του φωτισμού στις κατοικίες, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν συνολικά και συντονισμένα.

Μια διαφορετική περίπτωση είναι η αξιολόγηση του δείκτη που εξαρτάται από την εκτίμηση του μηχανικού ή του διαχειριστή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει αρκετά προβλήματα, καθώς μπορεί να χαθεί η αξιοπιστία της εκτίμησης, που έχει ως αποτέλεσμα την αποτυχία της επίτευξης των ευρωπαϊκών στόχων που αφορά το τομέα των κτιρίων. Συνοψίζοντας, προτείνεται η εξέταση και η αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης μέσω της θέσπισης νέων κανονισμών από τα ελληνικά νομοθετικά όργανα.

Επιπλέον, ένα άλλο πιθανό θέμα έρευνας θα μπορούσε να είναι η οικονομική αξιολόγηση των οφελών σε σχέση με τα έξοδα που σχετίζονται με την εφαρμογή των προτεινόμενων υπηρεσιών σε ένα κτίριο. Αυτή η έρευνα μπορεί να αποτελέσει έναν κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχημένη εφαρμογή και υιοθέτηση του δείκτη ευφυούς ετοιμότητας. Μέσω αυτής της ανάλυσης, δημιουργείται η δυνατότητα για τη σύγκριση των κόστων και των οφελών που σχετίζονται με την υιοθέτηση των

προτεινόμενων υπηρεσιών, παρέχοντας συγκεκριμένα και απτά δεδομένα που βοηθούν στη λήψη ορθών αποφάσεων.

Τέλος, μια σημαντική πτυχή που αξίζει προσοχής είναι η σύνδεση της έκδοσης πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης μέσω της αξιολόγησης. Η διερεύνηση δηλαδή του πώς ο δείκτης ευφούς ετοιμότητας μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και να επηρεάσει τη διαδικασία έκδοσης πιστοποιητικών αποτελεί έναν κρίσιμο τομέα έρευνας με σημαντικές προοπτικές για το μέλλον. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει την υποστήριξη για την εφαρμογή των προτεινόμενων υπηρεσιών και προσθέτει περισσότερη επιστημονική βάση και αξιοπιστία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

## Βιβλιογραφία

1. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease
2. A European Green Deal | European Commission [Online]. Available from: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
3. Märzinger T, Österreicher D. Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings. *Energies* 2019, Vol 12, Page 1955. 2019 May 22;12(10):1955.
4. European Construction Sector Observatory, “Policy measure fact sheet - GREECE,” European Commission, 2017.
5. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Final\\_energy\\_consumption\\_by\\_sector,\\_EU-27,\\_2018\\_\(%25\\_of\\_total,\\_based\\_on\\_tonnes\\_of\\_oil\\_equivalent\).png#file](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Final_energy_consumption_by_sector,_EU-27,_2018_(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent).png#file)
6. Buckman AH, Mayfield M, Beck SBM. What is a smart building? *Smart Sustain Built Environ.* 2014 Sep 9;3(2):92–109.
7. Verbeke S, Aerts D, Rynders G, Ma Waide Strategic Efficiency Europe Y, Waide P. Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings - Publications Office of the EU.
8. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, «World Population Prospects 2019: Ten Key Findings,» 2019.
9. World Urbanization Prospects - Population Division - United Nations [Online]. Available from: <https://population.un.org/wup/>
10. H. Ahvenniemi, A. Huovila, I. Pinto-Seppä και M. Airaksinen, «What are the differences between sustainable and smart cities?,» *Cities*, τόμ. 60, p. 234–245, 2017.
11. A. A. Abdel-Aziz, H. Abdel-Salam and Z. El-Sayad, "The role of ICTs in creating the new social public place of the digital era," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 55, pp. 487- 493, 2016.
12. V. Albino, U. Berardi and R. M. Dangelico, "Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives," *Journal of Urban Technology*, vol. 22, pp. 3-21, February 2015.

13. R. Giffinger and G. Haindlmaier, "Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of the cities," ACE: Architecture, City and Environment, vol. 4, no. 12, pp. 7- 25, February 2010.
14. [https://www.smart-city.uliege.be/cms/c\\_6946640/en/the-smart-city-in-6-dimensions](https://www.smart-city.uliege.be/cms/c_6946640/en/the-smart-city-in-6-dimensions)
15. I.A. Elfiky, M. N. Abouzeid and A. J. Plattus, "A PROPOSED ASSESSMENT SCHEME 15 FOR SMART SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT," in CSCE Annual Conference "Growing with youth", Laval (Greater Montreal), 2019.
16. <https://www.beesmart.city/en/smart-city-indicators>
17. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/843 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 amending Directive (EU) 2015/849 on the prevention of the use of the financial system for the purposes of money laundering or terrorist financing, and amending Directives 2009/138/EC and 2013/36/EU (Text with EEA relevance).
18. Powell JA. Intelligent design teams design intelligent buildings. Habitat Int. 1990 Jan 1;14(2-3):83-94.
19. Wang Z, Wang L. PHEV management for integrating with smart buildings. 2012 North Am Power Symp NAPS 2012. 2012;
20. A. H. Buckman, M. Mayfield and S. B. Beck, "What is a Smart Building?," Smart and Sustainable Built Environment, no. 3, pp. 92-109, 2014.
21. <https://eprints.whiterose.ac.uk/80714/7/Published%20PDF.pdf>
22. B. QOLOMANY, A. AL-FUQAHA, A. GUPTA, D. BENHADDOU, S. ALWAJIDI, J. QADIR and A. C. FONG, "Leveraging Machine Learning and Big Data for Smart Buildings: A Comprehensive Survey," IEEE Access, vol. 7, pp. 90316-90356, 2019.
23. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8754678>
24. A. Balali and A. Valipour, "Identification and selection of building façade's smart materials," Sustainable Materials and Technologies, vol. 26, pp. 1-20, 2020.
25. <https://slingshotpower.com/2015/10/michigan-state-transparent-solar-cells-for-windows/#>
26. Gharabaghi M., Naghdi A. Identifying Smart Materials and Applying Them in Residential Spaces in Cold Climate Case Study: City of Hamadan, International Research Journal of Applied and Basic Sciences, Science Explorer Publications, www.irjabs.com; 2014.Vol, 9 (1): 51-62

27. [https://www.capitaland.com/content/dam/capitaland-media-library/commercial/Singapore/Singapore/Capital%20Tower/Portfolio\\_Capital\\_Tower.pdf](https://www.capitaland.com/content/dam/capitaland-media-library/commercial/Singapore/Singapore/Capital%20Tower/Portfolio_Capital_Tower.pdf)
28. <https://bregroup.com/case-studies/breem-new-construction/the-edge-amsterdam-awarded-breem-award-for-offices-new-construction-2016/>
29. <https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2018/01/Fardapaper-A-Review-of-Smart-Home-Applications-based-on-Internet-of-Things.pdf>
30. [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9e6d89d-fbb1-11ea-b44f-01aa75ed71a1/languageen?WT\\_mc\\_id=Searchresult&WT\\_ria\\_c=37085&WT\\_ria\\_f=3608&WT\\_ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9e6d89d-fbb1-11ea-b44f-01aa75ed71a1/languageen?WT_mc_id=Searchresult&WT_ria_c=37085&WT_ria_f=3608&WT_ria_ev=search)
31. Energy Ville, Vito, Waide, "Second Technical Study to support the establishment of a common European scheme for rating the Smart Readiness of Buildings," in Stakeholder Topical Group Feedback Meeting, Brussels, 2020.
32. G. Martinopoulos, K.T. Papakostas, A.M. Papadopoulos. A comparative review of heating systems in EU countries, based on efficiency and fuel cost Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90 (2018), pp. 687-699
33. ΦΕΚ Α' 142/23-07-2020 - Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις, Αθήνα: ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, 2020.
34. BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2011). Europe's Buildings under the Microscope. Country-by-Country Review of the Energy Performance of Europe's Buildings. Available online: <https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-themicroscope/>
35. R.J. Cole, L. Fedoruk Shifting from net-zero to net-positive energy buildings Building Research & Information, 43 (2015), pp. 111-120, 10.1080/09613218.2014.950452
36. A. Magrini, G. Lentini, S. Cuman, A. Bodrato, L. Marengo. From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - the most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example Developments in the Built Environment, 3 (2020), Article 100019, 10.1016/j.dibe.2020.100019