



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

**Μελέτη, Ανάλυση και Εφαρμογή Συστημάτων Υποστήριξης  
Αποφάσεων για την Ενεργειακή Διαχείριση και  
Εξοικονόμηση**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δουρούμης Αριστοτέλης - Νικόλαος

**Επιβλέπων : Χάρης Δούκας**

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2017



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

**Μελέτη, Ανάλυση και Εφαρμογή Συστημάτων Υποστήριξης  
Αποφάσεων για την Ενεργειακή Διαχείριση και  
Εξοικονόμηση**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δουρούμης Αριστοτέλης - Νικόλαος

**Επιβλέπων : Χάρης Δούκας**

Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2017.

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

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

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

Αθήνα, Ιούλιος 2017

.....  
Δουρούμης Αριστοτέλης - Νικόλαος  
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΔΟΥΡΟΥΜΗΣ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ - ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 2017  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Περίληψη

Η αλόγιστη ενεργειακή κατανάλωση ενάγει το θέμα της εξοικονόμησης της ενέργειας σε μείζων, λόγω των επιπτώσεων, που αυτή επιφέρει στο περιβάλλον και στην παγκόσμια κοινότητα. Η ενεργειακή διαχείριση αποτελεί πρόκληση κατά τον σχεδιασμό των πόλεων, λόγω της υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα, δεδομένης της εμφάνισης του φαινομένου της αστικοποίησης. Ο ρόλος της, επομένως, για την λειτουργία των αστικών κέντρων κρίνεται ζωτικός. Βασικός στόχος είναι η παροχή μιας καλύτερης ποιότητας ζωής στους πολίτες, η αντιμετώπιση των αστικών προκλήσεων ενέργειας, η αειφόρος ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος, η εξασφάλιση ενεργειακών πόρων και η βέλτιστη χρήση της ενέργειας χωρίς σπατάλες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία-μελέτη χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος επιχειρείται μια βιβλιογραφική επισκόπηση, η οποία έχει ως στόχο την ανάλυση της πολιτικής της αειφόρου ανάπτυξης και της ενεργειακής διαχείρισης, που προωθείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και υιοθετείται σε εθνικό επίπεδο, μέσω της προώθησης των έξυπνων πόλεων. Στην αρχή του θεωρητικού μέρους γίνεται αναφορά στην κλιματική αλλαγή, τις επιπτώσεις της αλλά και την σχέση της με την αστικοποίηση. Το θεωρητικό μέρος ολοκληρώνεται με την περιγραφή του πλαισίου των έξυπνων πόλεων με ιδιαίτερη έμφαση στον ενεργειακό τομέα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τρία εργαλεία για τις ενεργειακά έξυπνες πόλεις, που έχουν αναπτυχθεί από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και συγκεκριμένα από το εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τα εργαλεία που περιγράφονται, και έχουν αναπτυχθεί από τον Υποψήφιο Διδάκτορα Ηλία Παπασταματίου, είναι τα εξής: το λογισμικό Αξιολόγησης Έξυπνων Πόλεων «Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF)», το λογισμικό Αξιολόγησης Θερμικής Άνεσης «Thermal Comfort Validator (TCV)», καθώς και το λογισμικό Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων «Building Energy Management Tool (BEMAT)». Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εφαρμογή τους σε πέντε δημοτικά κτίρια: στο Σχολείο ‘Savona Colombo-Pertini’, στην Πανεπιστημιούπολη ‘Savona Campus’, στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ ‘Sant Cugat Town Hall’, στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ ‘Sant Cugat Theatre’ και τέλος στο Δημαρχείο Ζάανσταντ ‘Zaanstad Town Hall’, σαν πιλοτική εφαρμογή. Στην αρχή του κεφαλαίου αυτού, παρουσιάζεται η εφαρμογή του λογισμικού e-SCEAF στα κτίρια αυτά. Στη συνέχεια εφαρμόζονται τα εργαλεία διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας TCV και BEMAT και τέλος εφαρμόζεται εκ νέου το εργαλείο e-SCEAF όπου και συγκρίνονται τα αποτελέσματα πριν και μετά την εφαρμογή των εργαλείων.

**Λέξεις Κλειδιά:** έξυπνες πόλεις, αειφόρος ανάπτυξη, ενεργειακή πολιτική, τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), ενεργειακή απόδοση, εξοικονόμηση ενέργειας, συστήματα υποστήριξης αποφάσεων.



## Abstract

Unreasonable energy consumption raises the issue of energy saving to a major one, due to its impact on the environment and the global community. Energy management constitutes a challenge in city planning due to the high energy consumption of the building sector, given the emergence of urbanization. Its role, therefore, for the operation of urban centers is vital. The main objective is to provide a better quality of life for citizens, to address urban energy challenges, to urge sustainable development and environmental protection, to secure energy resources and to optimize the energy use without waste.

This diploma thesis is structured in two parts. In the first part a bibliographic review is attempted, which aims to analyze the policy of sustainable development and energy management, promoted by the European Union and adopted at national level through the promotion of smart cities. At the beginning of the theoretical part, reference is made to climate change, its effects and its relation to urbanization. The theoretical part is completed with a description of the framework of smart cities, emphasizing on the energy sector.

In the second chapter three tools, are described for energy intelligent cities, developed by the National Technical University of Athens and specifically by the Decision and Management Systems Laboratory of Electrical and Computer Engineering faculty. The tools described, are developed by PhD Candidate Ilias Papastamatiou and are as follows: "Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF)" software, "Thermal Comfort Validator (TCV)" software, and the "Building Energy Management Tool (BEMAT)" software. Subsequently, their application is presented in five municipal buildings as a pilot project: Savona Colombo-Pertini School, Savona Campus, Sant Cugat Town Hall, Sant Cugat Theater, and finally Zaanstad Town Hall. At the beginning of this chapter, the application of the e-SCEAF software is presented in these buildings. Then the energy management and optimization tools TCV and BEMAT are applied and finally the e-SCEAF tool is re-applied, comparing the results before and after the application of the tools.

**Keywords:** smart cities, sustainable development, energy policy, information and communication technologies (ICT), energy efficiency, energy saving, decision support systems.

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2016-2017.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον κύριο Ψαρρά Ιωάννη, καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, καθώς επίσης και στον κύριο Δούκα Χάρη, επίκουρο καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ευκαιρία αλλά και την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον υποψήφιο Διδάκτορα Παπασταματίου Ηλία για την ουσιαστική συμβολή και καθοδήγηση του στο σύνολο της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστώ, επίσης, τον Διδάκτορα Μαρινάκη Βαγγέλη για την πολύτιμη βοήθεια του.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου και την Ευτυχία για την στήριξη τους αυτό τον καιρό.

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Περίληψη</b> .....	<b>4</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Πρόλογος</b> .....	<b>6</b>
<b>Πίνακας Περιεχομένων</b> .....	<b>7</b>
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή</b> .....	<b>10</b>
1.1 Αντικείμενο – Σκοπός.....	10
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	10
1.3 Οργάνωση τόμου .....	11
<b>Κεφάλαιο 2: Έξυπνες Πόλεις-Ευρωπαϊκή και Εθνική Πολιτική</b> .....	<b>12</b>
2.1 Αειφόρος Ανάπτυξη & Ενεργειακή Πολιτική .....	12
2.1.1 Κλιματική Αλλαγή.....	12
2.1.2 Αειφόρος Ανάπτυξη.....	13
2.1.3 Ευρωπαϊκή Πολιτική-Βασικές Αρχές.....	15
2.1.4 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2020 .....	16
2.1.5 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2030 .....	16
2.1.6 Ενεργειακή Ένωση .....	17
2.1.7 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2050 .....	22
2.1.8 Εθνική Πολιτική .....	23
2.2 Έξυπνες Πόλεις .....	35
2.2.1 Αστικοποίηση .....	35
2.2.2 Έξυπνες Πόλεις και Κοινότητες .....	37
2.2.3 Προσέγγιση Βιώσιμου Ενεργειακού Σχεδιασμού.....	41
2.2.4 Μετάβαση σε Έξυπνες Πόλεις.....	45
2.3.4.1 Κοινωνικοπολιτικές προκλήσεις.....	45
2.3.4.2 Οικονομικές προκλήσεις.....	46
2.3.4.3 Τεχνολογικές Προκλήσεις.....	46
2.3.4.4 Περιβαλλοντικές Προκλήσεις.....	47
2.3 Σχεδιασμός Έξυπνων Πόλεων.....	47
2.3.1 Υποδομές έξυπνων πόλεων.....	47
2.3.2 Συντονισμός, Επικοινωνία και Διασύνδεση .....	49
2.3.3 Σύγχρονη Διακυβέρνηση και Πολιτική .....	50
2.3.4 Ενεργή συμμετοχή και διαδικτυακή Επικοινωνία .....	51
<b>Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση Εργαλείων</b> .....	<b>53</b>
Εισαγωγή.....	53

3.1 Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF).....	55
3.1.1 Εισαγωγή e-SCEAF .....	55
3.1.2 Δείκτες e-SCEAF.....	60
3.1.3 Λειτουργία e-SCEAF.....	63
3.2 Thermal Comfort Validator (TCV) .....	67
3.2.1 Εισαγωγή TCV .....	67
3.2.2 Δείκτες TCV .....	68
3.2.3 Χρήση του TCV.....	69
3.2.4 Μεθοδολογία TCV.....	71
3.3 Building Energy Management Tool (BEMAT).....	74
3.3.1 Εισαγωγή BEMAT.....	74
3.3.2 Μεθοδολογία – Ενεργειακοί Συντελεστές – Οικονομική Δείκτες.....	74
3.3.3 Χρήση του BEMAT .....	76
3.4 Παρουσίαση των κτιρίων .....	79
3.4.1 Σχολείο ‘‘Savona Colombo-Pertini’’, Ιταλία.....	79
3.4.2 Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’, Ιταλία.....	81
3.4.3 Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ ‘‘Sant Cugat Town Hall’’, Ισπανία.....	82
3.4.4 Θέατρο Σαν Κουγκάτ ‘‘Sant Cugat Theatre’’, Ισπανία.....	84
3.4.5 Δημαρχείο Ζάανσταντ ‘‘Zaanstad Town Hall’’, Ολλανδία.....	85
<b>Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα Εφαρμογής e-SCEAF, TCV και BEMAT .....</b>	<b>87</b>
4.1 Αποτελέσματα e-SCEAF προ εφαρμογής δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας .....	87
4.1.1 Εφαρμογή e-SCEAF στο Σχολείο ‘‘Savona Colombo-Pertini’’ .....	87
4.1.2 Εφαρμογή e-SCEAF στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’ .....	92
4.1.3 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ.....	95
4.1.4 Εφαρμογή e-SCEAF στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ.....	100
4.1.5 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Ζάανσταντ .....	104
4.1.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του e-SCEAF.....	108
4.2 Εφαρμογή Thermal Comfort Validator (TCV).....	109
4.2.1 Εφαρμογή TCV στο Σχολείο ‘‘Savona Colombo-Pertini’’ .....	111
4.2.2 Εφαρμογή TCV στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’ .....	122
4.2.3 Εφαρμογή TCV στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ .....	132
4.2.4 Εφαρμογή TCV στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ .....	141
4.2.5 Εφαρμογή TCV στο Δημαρχείο Ζάανσταντ.....	151
4.3 Εφαρμογή Building Energy Management Tool (BEMAT).....	161
4.3.1 Εφαρμογή BEMAT στο Σχολείο ‘‘Savona Colombo-Pertini’’ .....	163
4.3.2 Εφαρμογή BEMAT στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’ .....	179
4.3.3 Εφαρμογή BEMAT στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ .....	189

4.3.4 Εφαρμογή BEMAT στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ .....	196
4.3.5 Εφαρμογή BEMAT στο Δημαρχείο Ζάανσταντ .....	203
4.3.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του BEMAT .....	209
4.4 Αποτελέσματα e-SCEAF μετά την εφαρμογή των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας	211
4.4.1 Εφαρμογή e-SCEAF στο Σχολείο ‘‘Savona Colombo-Pertini’’ .....	211
4.4.2 Εφαρμογή e-SCEAF στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’ .....	215
4.4.3 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ.....	219
4.4.4 Εφαρμογή e-SCEAF στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ.....	222
4.4.5 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Ζάανσταντ .....	227
4.4.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του e-SCEAF .....	232
4.4.7 Συμβολή εργαλείων TCV και BEMAT στους δείκτες του e-SCEAF .....	232
<b>Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα και Προοπτικές .....</b>	<b>234</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>236</b>
<b>Παραρτήματα .....</b>	<b>242</b>

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

### 1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας την σημασία του τρόπου ζωής των σύγχρονων κοινωνιών, των επιδράσεων τους στο περιβάλλον και της κατασπατάλησης των περιορισμένων φυσικών πόρων της γης, έχει λάβει μέτρα προωθώντας την διαχείριση και την εξοικονόμηση της ενέργειας. Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας, εκπέμποντας ταυτόχρονα μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου. Ο ρόλος, επομένως, του ενεργειακού σχεδιασμού των πόλεων συνεισφέρει αφενός στην αντιμετώπιση των ενεργειακών προκλήσεων και αφετέρου στην εξασφάλιση ενεργειακών πόρων.

Οι ενεργειακά “έξυπνες” τεχνολογίες μπορούν να αποτελέσουν ζωτικής σημασίας λύσεις για την ενεργειακή εξοικονόμηση και την βέλτιστη χρήση της ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η συμβολή των “έξυπνων” τεχνολογιών στον κτιριακό τομέα είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένου της μείωσης στην κατανάλωση, η οποία μπορεί να αγγίξει ποσοστά της τάξεως του 80%. Η εφαρμογή των τεχνολογιών για σωστή διαχείριση της ενέργειας δεν έχει μόνο θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον αλλά και στην ποιότητα ζωής των πολιτών.

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι η έρευνα των ευρωπαϊκών και εθνικών πολιτικών διαχείρισης και εξοικονόμησης της ενέργειας, η οποία επικεντρώνεται στο κτιριακό τομέα. Επιπλέον, περιγράφονται και εφαρμόζονται τρία εργαλεία διαχείρισης ενέργειας για τις ενεργειακά έξυπνες πόλεις σε πέντε πιλοτικά κτίρια. Τα εργαλεία αυτά είναι το e-SCEAF, το TCV και το BEMAT, τα οποία και αναλύονται διεξοδικά.

Σκοπός της Διπλωματικής αποτελεί η μελέτη των αποτελεσμάτων, που προκύπτουν από την εφαρμογή των εργαλείων και η ανάδειξη της επιρροής και της αποτελεσματικότητας τους στην εξοικονόμηση και διαχείριση της ενέργειας.

### 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε την περίοδο Σεπτέμβριος 2016 – Ιούλιος 2017. Η υλοποίηση της διαμορφώθηκε σε πέντε φάσεις, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

Φάση 1<sup>η</sup>: Μελέτη των ενεργειακών πολιτικών και δράσεων, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας, για τον κτιριακό τομέα, και ανάλυση των πλαισίων δημιουργίας και μετάβασης σε έξυπνες πόλεις.

Φάση 2<sup>η</sup>: Μελέτη των εργαλείων e-SCEAF, TCV και BEMAT και παρουσίαση της λειτουργίας τους.

Φάση 3<sup>η</sup>: Μελέτη, συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων των πέντε πιλοτικών κτιρίων.

Φάση 4<sup>η</sup>: Εφαρμογή των εργαλείων e-SCEAF, TCV και BEMAT.

Φάση 5<sup>η</sup>: Επανάληψη εφαρμογής του εργαλείου e-SCEAF, σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των τριών εργαλείων. Σε τελευταίο στάδιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προοπτικές, που προκύπτουν από τη διπλωματική εργασία.

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Στην αρχή της διπλωματικής εργασίας, παρατίθεται η περίληψη αυτής, τόσο στα Ελληνικά όσο και στα Αγγλικά, όπου και παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή και τα κύρια σημεία της. Στην συνέχεια, ακολουθεί ένας σύντομος πρόλογος και ο πίνακας περιεχομένων της διπλωματικής. Το κύριο μέρος της εργασίας αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Στο Κεφάλαιο 1, παρουσιάζεται το αντικείμενο και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, καθώς και οι φάσεις υλοποίησης και η οργάνωση του τόμου.

Στο Κεφάλαιο 2, σε πρώτο στάδιο επιχειρείται μια θεωρητική επισκόπηση των ενεργειακών πολιτικών και των δράσεων για αειφόρο ανάπτυξη, που προτείνονται, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Σε επόμενο στάδιο, παρουσιάζονται, αναλύονται και ορίζονται οι Έξυπνες Πόλεις, ο ρόλος και ο σχεδιασμός τους, καθώς επίσης και οι προκλήσεις, που εμφανίζονται, κατά την μετάβαση σε αυτές.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται και αναλύονται διεξοδικά τα εργαλεία ενεργειακής διαχείρισης e-SCEAF, TCV και BEMAT, αλλά και τα πέντε κτίρια στα οποία αυτά εφαρμόζονται.

Στο Κεφάλαιο 4, υλοποιούνται οι εφαρμογές των εργαλείων στα πέντε πιλοτικά κτίρια και εξάγονται αποτελέσματα σχετικά με την απόδοσή τους, στην ενεργειακή εξοικονόμηση για τα κτίρια αυτά.

Στο Κεφάλαιο 5, το οποίο αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι της Διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα, που εξήχθησαν, και οι μελλοντικές προοπτικές δημιουργίας ενός ενιαίου πληροφοριακού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων ενεργειακής διαχείρισης.

Τέλος, παρατίθεται η βιβλιογραφία και οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας και τα παραρτήματα με δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή των εργαλείων.

## Κεφάλαιο 2: Έξυπνες Πόλεις-Ευρωπαϊκή και Εθνική Πολιτική

### 2.1 Αειφόρος Ανάπτυξη & Ενεργειακή Πολιτική

#### 2.1.1 Κλιματική Αλλαγή

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα, που ταλανίζει τον σύγχρονο πολιτισμό στις μέρες μας, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι αυτό της κλιματικής αλλαγής. Αποτελεί ένα φαινόμενο, τόσο σοβαρό και απειλητικό για κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη, που επιδέχεται άμεσης αντιμετώπισης και πρόληψης.

Για να γίνει όμως πιο σαφές το περιεχόμενο της κλιματικής αλλαγής, θα πρέπει να αναφέρουμε την ετυμολογία της, έτσι ώστε να καταλήξουμε στον ορισμό της και εκ των υστέρων στα αίτια εμφάνισης και τις επιπτώσεις της.

Το ουσιαστικό ‘κλίμα’ προέρχεται από το αρχαίο ρήμα ‘κλίνω’ που σημαίνει στρέφω, αλλάζω θέση, γέρνω, δεν παραμένω σταθερός. Ένας σύντομος ορισμός για το κλίμα θα μπορούσε να είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν για μεγάλη χρονική περίοδο σε ένα μέρος και θεωρούνται ότι αλλάζουν (δεν παραμένουν πάντα σταθερές) με αργό ρυθμό για τις διάφορες περιοχές του πλανήτη (Υδρία, Cambridge). Οι συνθήκες αυτές θεωρούνται γνωστές και προκύπτουν από την παρατήρηση και καταγραφή των καιρικών δεδομένων, οι οποίες όμως εξαρτώνται από κάποιες μεταβλητές και μπορεί να αλλάζουν. Το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια, η βλάστηση, η ύπαρξη λιμνών και θαλασσών, ο άνεμος, το ανάγλυφο του εδάφους κ.λπ. αποτελούν μερικές από τις μεταβλητές στις οποίες οφείλονται τυχόν αλλαγές στο κλίμα (National Geographic, 2013)

Η θερμοκρασία, συγκεκριμένα, από την μια πλευρά, αποτελεί έναν από τους πιο βασικούς παράγοντες του κλίματος και επηρεάζει διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως την δημιουργία των ανέμων και βροχοπτώσεων, καθώς επίσης και την σύνθεση της χλωρίδας και της πανίδας. Από την άλλη πλευρά, λαμβάνει ένα μέρος της ευθύνης της δημιουργίας του φαινομένου, που θα αναλύσουμε, της κλιματικής αλλαγής. Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα φαινόμενο κατά το οποίο, η μέση θερμοκρασία της γης αυξάνεται με αποτέλεσμα την αλλαγή της κλιματικής συμπεριφοράς του πλανήτη. Η αλλαγή αυτή δεν αποτελεί φυσική μεταβολή της θερμοκρασίας, αλλά προκαλείται από την αυξανόμενη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου, την κύρια αιτία δημιουργίας της (National Geographic, 2013).

Με λίγα λόγια, τα αέρια του θερμοκηπίου επιτρέπουν την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου προς την γη αλλά την αποτρέπουν να εξέλθει της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να παγιδεύεται. Η υπεριώδης ακτινοβολία στη συνέχεια προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η ύπαρξη των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και οι υδρατμοί, δεν είναι ένα καινούργιο φαινόμενο, μάλιστα είναι απαραίτητο για την ύπαρξη και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη, καθώς βοηθούν στην διατήρηση της μέσης θερμοκρασίας της γης στους 15 βαθμούς



Κελσίου. Χωρίς αυτά τα αέρια η θερμοκρασία της γης θα έφτανε τους -18 βαθμούς Κελσίου (National Geographic, 2013).

Η φύση έχει προνοήσει στην διατήρηση των επιπέδων εκπομπής των αερίων αυτών. Το πρόβλημα, επομένως, έγκειται στην υπερβολική αύξηση τους και στην εκτεταμένη καταστροφή των τροπικών δασών, τα τελευταία χρόνια, λόγω ανθρωπογενών παραγόντων. Ουσιαστικά, η προσπάθεια του ανθρώπου να καλύψει τις ανάγκες του στηριζόμενος σε “αντιοικολογικές” τεχνολογίες οδήγησε στην αύξηση των αερίων και σε μερική και σταδιακή κλιματική αλλαγή. Έστω και μια μικρή αλλαγή στην εκπομπή αερίων μπορεί να επηρεάσει την εύθραυστη ισορροπία (National Geographic, 2013).

Οι “αντιοικολογικές” τεχνολογίες βρίσκονται σε όλους τους τομείς, όπως στον ενεργειακό, κτηνοτροφικό και γεωργικό. Η υπερβολική χρήση ορυκτών πόρων, όπως είναι ο άνθρακας και ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, που απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες, που προκαλούν αυξημένη εκπομπή μεθανίου, και τέλος η αποψίλωση των δασών, τα οποία απορροφούν τα αέρια του θερμοκηπίου αποτελούν βασικές αιτίες της κλιματικής αλλαγής. Τα αέρια που ευθύνονται κατά κύριο λόγο για την ατμοσφαιρική ρύπανση από ανθρωπογενείς παράγοντες είναι το διοξείδιο του άνθρακα (50-60%), χλωροφθοράνθρακες (15-25%), μεθάνιο (12-20%), υποξείδιο του αζώτου (5%), όζον και άλλα αέρια. Ο ενεργειακός τομέας συμπεριλαμβανομένου των μεταφορών έχει το μεγαλύτερο μέρος ευθύνης καθώς εκπέμπει το 50% του συνόλου των εκπομπών (National Geographic, 2013).

Μερικές από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως πλημμύρες, ξηρασίες, λιώσιμο παγετώνων, η αύξηση της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας και συνεπώς η κατάκλυση παράκτιων περιοχών, ακόμα και η εξάλειψη ή η μετακίνηση ειδών φυτών και ζώων προς βόρεια τμήματα και ορεινές περιοχές. Εκτός όμως από τις καιρικές, φυτικές και ζωϊκές επιπτώσεις, η κλιματική αλλαγή έχει άμεσο αντίκτυπο στην ζωή του ανθρώπου. Για παράδειγμα, το 2010 στην πόλη Τένεσι των ΗΠΑ, πρωτοφανείς καταρακτώδεις βροχές μεγάλης έντασης στοίχησαν την ζωή 11 ανθρώπων. Παρόμοια περιστατικά έλαβαν χώρα μετά από λίγο στο Ρίο Ντε Τζανέιρο και το Πακιστάν πλήττοντας 2 εκατ. ανθρώπους. Επίσης πρωτοφανή επίπεδα θερμοκρασίας, της τάξεως των -51 βαθμών Κελσίου, έντονες ξηρασίες, φονικοί καύσωνες και σφοδρές βροχοπτώσεις απειλούν τον πλανήτη. Τα προγνωστικά εκτιμούν πως τα τέλη του 21 αιώνα θα έχει σημειωθεί αύξηση από 1,5-4,5 βαθμών Κελσίου στην μέση θερμοκρασία σε παγκόσμια κλίμακα, γεγονός που σηματοδοτεί την ριζική αλλαγή που θα υποστεί το κλίμα (National Geographic, 2013).

### 2.1.2 Αειφόρος Ανάπτυξη

Η κλιματική αλλαγή, που προκλήθηκε από την αλόγιστη ενεργειακή κατανάλωση και την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση “αντι-οικολογικών” μεθόδων, επιβάλλει

την υιοθέτηση ενός άλλου τρόπου ζωής και ανάπτυξης με βασικό γνώμονα την “αιφορία”. Έτσι θα γίνει μια προσπάθεια να ενσωματωθεί η περιβαλλοντική διάσταση στις αναπτυξιακές πολιτικές με αποτέλεσμα τον συμβιβασμό μεταξύ ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Για να γίνει, όμως, η ανάπτυξη αυτή αιφόρος, θα πρέπει να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής, πάντα στο πλαίσιο των ορίων που θέτει η ικανότητα των οικοσυστημάτων που την υποστηρίζουν.

Αρχικά, ο όρος “αιφορία” πρωτοεμφανίζεται σε εδάφιο του Σοφοκλή. Εκεί χρησιμοποιείται για να εκφράσει μια συγκεκριμένη μέθοδο διαχείρισης του δάσους, σύμφωνα με την οποία “όταν αφαιρείται από το δάσος όγκος ξύλου ίσος ή και λιγότερος με αυτόν που έχει παραχθεί κατά το θεωρούμενο διάστημα, λέγεται ότι το δάσος αιφορεί” (Αγγελίδης Ζ., κ.α.,2004) . Αιφόρος ανάπτυξη, στις μέρες μας, είναι η επαρκής κάλυψη των αναγκών που ανήκουν στο παρόν χωρίς όμως να υπονομεύονται ταυτόχρονα οι ανάγκες που πρόκειται να καλυφθούν στο μέλλον. Είναι με λίγα λόγια η προσπάθεια βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης των ανθρώπων. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε, πως η αιφορία εμπερικλείει και θεμελιώδη ζητήματα όπως είναι η ειρήνη, τα ανθρώπινα δικαιώματα, η φτώχεια κλπ. Από ενεργειακής άποψης, αιφόρος ανάπτυξη είναι η αντικατάσταση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (πετρέλαιο και λιθάνθρακες) από ανανεώσιμες πηγές. Στηρίζεται στην ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με στόχο την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών στο παρόν και στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό, είναι αναγκαία η εξοικονόμηση και η αποφυγή της εξάντλησης των πόρων, επιτυγχάνοντας έτσι παράλληλα την προστασία του περιβάλλοντος από την ρύπανση και την εν γένει υποβάθμιση. Ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι, που στηρίζουν την αιφόρο ενεργειακή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος είναι η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία, η υδραυλική ενέργεια, η βιομάζα και η ωσμωτική ενέργεια. Οι τεχνολογίες, που εκμεταλλεύονται αυτές τις μορφές ενέργειας πρέπει να εξασφαλίζουν την ανανέωση των φυσικών πόρων, την διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος, την οικονομική ευημερία και την αποφυγή κοινωνικών κινδύνων (Οργανόπουλος, Ι, 2006)

Στο πλαίσιο αυτό είναι αναγκαία η ανάπτυξη μιας αναθεωρημένης στρατηγικής τόσο σε ευρωπαϊκό όσο σε εθνικό επίπεδο. Η στρατηγική αυτή θα βασίζεται στην αιφόρο ανάπτυξη και την προώθησή της σε όλο τον κόσμο. Βασικοί της στόχοι θα αποτελούν ο περιορισμός των κλιματικών αλλαγών, με όλες τις συνέπειες, που αυτές επιφέρουν για την κοινωνία και το περιβάλλον, η παραγωγή καθαρής “πράσινης” ενέργειας, η προώθηση βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής και η βελτίωση της διατήρησης και διαχείρισης των φυσικών πόρων αποφεύγοντας την υπέρ-εκμετάλλευσή τους. Επίσης, θα δοθεί ιδιαίτερη βάση στην προαγωγή της καλής δημόσιας υγείας και την δημιουργία μιας κοινωνίας, που λαμβάνει υπόψη την αλληλεγγύη μεταξύ πολιτών και βελτιώνει την ποιότητα ζωής τους. Εάν όλα τα παραπάνω υλοποιηθούν τότε τα αποτελέσματα θα είναι θετικά και πλήρως αναπτυξιακά, φέρνοντας την αιφορία στο επίκεντρο και καθιστώντας την πλέον ως τρόπο ζωής.

Ήδη, από το 1970 στις ΗΠΑ γίνεται αντιληπτό το πρόβλημα και η ανάγκη για αιφόρο ανάπτυξη. Τότε καθιερώνεται ο όρος της και σιγά-σιγά παίρνει παγκόσμια διάσταση θέτοντας συγκεκριμένους στόχους και πορεία. Η ευαισθητοποίηση και η εκπαίδευση των πολιτών αποτελεί από τότε μέχρι και σήμερα από τις πιο σημαντικές δράσεις. Θέματα, που

απασχολούν τις χώρες και που άπτονται της επίτευξης αειφορίας είναι κυρίως το νερό, ο καταναλωτισμός, τα δάση, η γεωργία, η υγεία, η εκπαίδευση για τα ανθρώπινα δικαιώματα και το ανθρωπογενές περιβάλλον εν γένει. Συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, τα Ενωμένα Έθνη και άλλοι διεθνείς οργανισμοί έχουν αναπτύξει προγράμματα αειφόρου ανάπτυξης γεγονός το οποίο συγκαταλέγει και την Ελλάδα σε αυτά μιας και αποτελεί μέλος της ΕΕ (National Geographic, 2013).

### 2.1.3 Ευρωπαϊκή Πολιτική-Βασικές Αρχές

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας την σημασία του τρόπου ζωής των σύγχρονων κοινωνιών, των επιδράσεων τους στο περιβάλλον και την κατασπατάληση των περιορισμένων φυσικών πόρων της γης, έχει λάβει μέτρα προωθώντας την ενσωμάτωση και εισαγωγή της περιβαλλοντικής διάστασης στις πολιτικές της. Η δράση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί ως εκ τούτου προτεραιότητα για την ΕΕ. Σκοπός είναι η υιοθέτηση της στρατηγικής της αειφόρου ανάπτυξης από τα κράτη-μέλη της με αποτέλεσμα την τήρηση συγκεκριμένων στόχων.

Συγκεκριμένα, οι ηγέτες της ΕΕ δεσμεύτηκαν να μετατρέψουν την Ευρώπη σε μια οικονομία υψηλής ενεργειακής απόδοσης και χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η πρώτη Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την αειφόρο ανάπτυξη υιοθετήθηκε στη σύνοδο του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου στο Γκέτεμποργκ το 2001. Αναλυτικότερα θεσπίστηκαν και εγκρίθηκαν τα πρώτα κύρια μέτρα της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια το 2008 θέτοντας στόχους για το 2020. Η ΕΕ σημειώνει σημαντική πρόοδο στην επίτευξη των στόχων αυτών, αλλά θεωρήθηκε αναγκαία μια πιο ολοκληρωμένη μακροπρόθεσμη στρατηγική (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2016). Για τον λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επανεξετάζει σε τακτά χρονικά διαστήματα τις στρατηγικές που υιοθετούνται και τις αναπροσαρμόζει δεσμεύοντας τα μέλη για την επίτευξη των στόχων.

Επιπλέον, θεσμοθετήθηκε η ενεργειακή ένωση, που αποτελείται από μια δέσμη μέτρων με στόχο να εξασφαλίσει προσιτή, ασφαλή και βιώσιμη ενέργεια για την Ευρώπη και τους πολίτες της. Βασίζεται στην υφιστάμενη ενεργειακή πολιτική της ΕΕ, η οποία περιλαμβάνει ένα Πλαίσιο Δράσης για την Ενέργεια και το Κλίμα μέχρι το 2030 με ορίζοντα το 2050 και τη Στρατηγική για την Ενεργειακή Ασφάλεια. Με αυτόν τον τρόπο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα πετύχει μια σειρά από στόχους, όπως την ελεύθερη ροή της ενέργειας διαμέσου των εθνικών συνόρων στην ΕΕ και την μείωση των λογαριασμών των νοικοκυριών μέσω της χρήσης νέων τεχνολογιών, μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και ανακαινισμένων υποδομών. Θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας και δεξιότητες υποστηρίζοντας την ανάπτυξη και τις εξαγωγές (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2017). Τελικά, η Ευρώπη θα είναι πρωτοπόρος στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στην προστασία του πλανήτη από την υπερθέρμανση εφόσον θα έχει μεταβεί σε μια βιώσιμη και φιλική προς το

περιβάλλον οικονομία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Συγκεκριμένα, τα μέτρα αυτά καλύπτουν πέντε κεντρικούς τομείς (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2016):

- την ενεργειακή ασφάλεια, αλληλεγγύη και εμπιστοσύνη
- μια ολοκληρωμένη ενοποιημένη εσωτερική ευρωπαϊκή αγορά ενέργειας
- την ενεργειακή απόδοση που συμβάλλει στον μετριασμό της ζήτησης
- την κλιματική αλλαγή - απεξάρτηση της οικονομίας από τον άνθρακα
- την έρευνα, την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζουμε την ευρωπαϊκή πολιτική που υιοθετήθηκε για το 2020, το 2030 και το 2050 (Συμβούλιο Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2015).

#### 2.1.4 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2020

Οι στόχοι της ΕΕ που έχει θέσει για το 2020 είναι (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2015):

- Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
- Η άντληση του 20% της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
- Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%

Οι στόχοι αυτοί είναι γνωστοί ως “στόχοι 20-20-20”. Βασικό ρόλο στην επίτευξη των στόχων αυτών παίζει το σύστημα εμπορίας εκπομπών (ΣΕΕ)-Emissions trading system (ETS), το οποίο αποτελεί βασικό εργαλείο για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και περιορίζει τις ποσότητες αερίων θερμοκηπίου, που επιτρέπεται να εκπέμπονται από ορισμένους κλάδους της βιομηχανίας. Το ύψος εκπομπών καθορίζεται από την ΕΕ και θεωρείται δικαίωμα των επιχειρήσεων, που είτε τα λαμβάνουν αυτόματα είτε τα αγοράζουν. Το ΣΕΕ καλύπτει το 45% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με απώτερο σκοπό να μειώσει τις εκπομπές αυτές κατά 21% μέχρι το 2020 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017 α).

#### 2.1.5 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2030

Στις 23 Οκτωβρίου 2014, κατά την διάρκεια της συνόδου του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου συμφωνήθηκε το πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια έως το 2030. Επίσης, καθορίστηκαν οι πολιτικές της ΕΕ, που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια κατά την περίοδο 2020-2030, καθώς επίσης και οι στόχοι του πλαισίου.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι που τέθηκαν για το 2030 είναι οι εξής (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2017):

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% τουλάχιστον έως το 2030, σε σύγκριση με το 1990
- Κατανάλωση της ενέργειας κατά 27% από ανανεώσιμες πηγές
- Αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27-30%
- Ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας με επίτευξη του ισχύοντος στόχου της ηλεκτρικής διασύνδεσης σε ποσοστό 10% το αργότερο μέχρι το 2020 και αύξηση του ποσοστού στο 15% έως το 2030

Απώτερος σκοπός των μέτρων, που αποφασίστηκαν κατά τη σύνοδο, είναι το ενεργειακό σύστημα και η οικονομία της ΕΕ να γίνουν πιο ανταγωνιστικές, ασφαλείς και βιώσιμες. Ουσιαστικά, το πλαίσιο αποσκοπεί στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 80-95 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2050 και στην αυξημένη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ορίζει καινούργιες δράσεις αντιμετώπισης των υψηλών τιμών ενέργειας και της αδυναμίας να ανταπεξέλθει σε μελλοντικές αυξήσεις των τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου, απαλλάσσοντας έτσι την ΕΕ από εισαγωγές ενέργειας από πολιτικά ασταθές περιοχές. Οι δράσεις αυτές επιφέρουν ριζικές αλλαγές στην υπάρχουσα ενεργειακή υποδομή προσφέροντάς της μια ολική αναβάθμιση, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα σταθερό ρυθμιστικό πλαίσιο για πιθανούς επενδυτές. Η συμφωνία αυτή καλύπτει και την ανάγκη της ΕΕ να συμβάλει στις επικείμενες διαπραγματεύσεις για νέα παγκόσμια συμφωνία για την αλλαγή του κλίματος. Αναλυτικότερα στις δράσεις συμπεριλαμβάνονται οδηγίες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μέσω τροποποιήσεων της υπάρχουσας οδηγίας για ενεργειακή απόδοση και μεταρρυθμίσεις του συστήματος εμπορίας εκπομπών της ΕΕ, ενσωματώνοντας ένα αποθεματικό για τη σταθερότητα της αγοράς. Ακόμη ορίστηκαν βασικοί δείκτες μέτρησης προόδου, που αλλάζουν με βάση τις ενεργειακές τιμές, τη διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού, τις διασυνδέσεις μεταξύ των κρατών μελών και τις τεχνολογικές εξελίξεις. Δημιουργήθηκε ένα πλαίσιο διακυβέρνησης για τα κράτη μέλη, στο οποίο οι κυβερνήσεις μπορούν να υποβάλουν εκθέσεις σχετικά με τα εθνικά σχέδια, που αφορούν την πρόοδο των εφαρμοσμένων δράσεων και μέτρων. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να αξιολογηθούν και να συντονιστούν τα μέτρα και οι δράσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο με αποτέλεσμα μια καλύτερη διακρατική συνεργασία των μελών. Μέρος της ευρωπαϊκής πολιτικής είναι και η ολοκλήρωση των διασυνδέσεων φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας και η ανάπτυξη «έξυπνων δικτύων» μέχρι το 2030. Τελικός στόχος είναι η ευρωπαϊκή ασφάλεια και η ανάπτυξη μιας οικονομίας με προσιτές τιμές ενέργειας για καταναλωτές και βιομηχανία, δημιουργώντας έτσι ένα ευνοϊκό κλίμα στον τομέα της ενέργειας για την προσέλκυση επενδύσεων για το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο για την Ευρώπη (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2015).

### 2.1.6 Ενεργειακή Ένωση

Παράλληλα με τους στόχους, που τέθηκαν για το 2030 υλοποιήθηκε η πρωτοβουλία της δημιουργίας μιας Ενεργειακής Ένωσης από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Στις 25 Φεβρουαρίου

2015, η Επιτροπή ενστερνίστηκε ένα πλαίσιο στρατηγικής για μια ελαστική Ενεργειακή Ένωση με στόχο την δημιουργία μιας μακροχρόνιας πολιτικής για την κλιματική αλλαγή παρέχοντας ασφαλή, αειφόρο, ανταγωνιστική και προσιτή ενέργεια (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α). Ο στόχος της Ενεργειακής Ένωσης επιτυγχάνεται σε μεγαλύτερο βαθμό μέσω της συνεργασίας των κρατών-μελών συνδυάζοντας τις εθνικές τους δράσεις μέσω ενός πλαισίου μέτρων και μέσω των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Η ύπαρξη μιας ένωσης, η οποία θα προωθεί την ενέργεια στους καταναλωτές της ΕΕ και ταυτόχρονα μια πολιτική για το κλίμα είναι πλέον αναγκαία. Το ζήτημα της ενέργειας αρκετά χρόνια τώρα ταλανίζει την πολιτική της ΕΕ, γεγονός, το οποίο επείγει τον άμεσο μετασχηματισμό του ενεργειακού συστήματος στην Ευρώπη αλλά και της οικονομίας της. Η δράση σε Επίπεδο Ένωσης είναι ένα ιδιαίτερα κατάλληλο εργαλείο δεδομένης της θεμελιώδης διαφοράς μεταξύ του πλαισίου του 2020 και του πλαισίου για το 2030. Οι στόχοι στο πλαίσιο του 2020 είναι κυρίως για δεσμεύσεις σε εθνικό επίπεδο το πλαίσιο του 2030 στηρίζεται περισσότερο σε στόχους ευρωπαϊκού βεληνεκούς και σε διακρατικές και καθολικές δεσμεύσεις. Αυτήν την ανάγκη για συνεργασία μεταξύ των κρατών και την από κοινού αξιοποίηση πόρων και στρατηγικών διευκολύνει η ύπαρξη της Ενεργειακής Ένωσης.

Ο στόχος και το όραμα της Ενεργειακής Ένωσης είναι πολύπλευρος και ωφέλιμος για όλους τους καταναλωτές της ΕΕ, επιχειρήσεις και πολίτες αλλά και για τα κράτη μέλη εν γένει (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α). Όσον αφορά τις επιχειρήσεις, βασικό όραμα της Εν.Ε. είναι η δημιουργία, μέσω της εξασφάλισης της εμπιστοσύνης των επενδυτών, καινοτόμων και ανταγωνιστικών εταιρειών, οι οποίες αναπτύσσουν τα βιομηχανικά προϊόντα και την τεχνολογία που απαιτούνται, για την επίτευξη της ενεργειακής απόδοσης και των τεχνολογιών με χαμηλές ανθρακούχες εκπομπές εντός και εκτός της Ευρώπης. Όσον αφορά την πλευρά των πολιτών, παρατηρούμε πως αυτοί αποτελούν ένα πολύ σημαντικό τμήμα της Ενεργειακής Ένωσης, καθώς αναλαμβάνουν την ευθύνη για την ενεργειακή μετάβαση, επωφελούνται από τις νέες τεχνολογίες για να μειώσουν τους λογαριασμούς τους και συμμετέχουν ενεργά στην αγορά. Επίσης αποτελούν ένα εν δυνάμει ευρωπαϊκό εργατικό δυναμικό, το οποίο θα πρέπει να διαθέτει τις δεξιότητες για τη δημιουργία αλλά και τη διαχείριση του ενεργειακού συστήματος του μέλλοντος. Τέλος, οι περισσότεροι στόχοι αφορούν τα κράτη μέλη εν γένει. Η ελεύθερη διακίνηση της ενέργειας πέραν των συνόρων, η αποτελεσματική ρύθμιση των αγορών ενέργειας σε όλη την ΕΕ, μια φιλική προς το κλίμα οικονομία χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών, αλλά κυρίως η κατανόηση της αλληλεξάρτησης και της αλληλοβοήθειας των κρατών μελών μεταξύ τους, στον πυρήνα των οποίων βρίσκονται οι πολίτες και η προσφορά σε αυτούς ενός ασφαλή ενεργειακού εφοδιασμού είναι μερικοί από τους στόχους και τα οράματα.

Πιο συγκεκριμένα, για την εξασφάλιση ασφαλής και βιώσιμης ενέργειας για όλη την Ευρώπη, προτάθηκαν και δημοσιεύθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Φεβρουάριο του 2015 μια δέσμη μέτρων, η οποία αποτελείται από τρία μέρη (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2015):

- ένα πλαίσιο στρατηγικής για την ενεργειακή ένωση, το οποίο θα περιλαμβάνει τους στόχους της Ενεργειακής Ένωσης, καθώς και τον τρόπο και τα μέτρα, με τα οποία αυτοί θα επιτευχθούν,

- μια ανακοίνωση, η οποία διαμορφώνει τις προσδοκίες της ΕΕ σχετικά με την νέα παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα, η οποία υπογράφηκε τον Δεκέμβριο του 2015 στο Παρίσι (Πρωτόκολλο των Παρισίων),
- μια ανακοίνωση, η οποία ορίζει τα αναγκαία μέτρα υλοποίησης του στόχου του 10% για τη διασύνδεση της ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2020.

Η ενεργειακή στρατηγική της Ένωσης στηρίζεται σε πέντε διαστάσεις άκρως αλληλένδετες μεταξύ τους και έχοντας έναν κοινό στόχο, την ενεργειακή ασφάλεια, ανταγωνιστικότητα και βιωσιμότητα.

Σύμφωνα με την πρώτη διάσταση δίνεται βάση στην ενεργειακή ασφάλεια, αλληλεγγύη και εμπιστοσύνη, η οποία θεωρείται πολύ σημαντική και στην οποία στηρίζεται η ΕΕ. Τον Μάιο του 2014, η στρατηγική για την ενεργειακή ασφάλεια τέθηκε επί τάπητος θέτοντας τους παράγοντες της ενεργειακής ασφάλειας, οι οποίοι είναι η ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας και η αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α). Σύμφωνα με αυτούς και σε συνδυασμό με την αλληλεγγύη και την εμπιστοσύνη των γειτόνων της ΕΕ, δύο παραγόντων οι οποίοι αναφέρονται και στην Συνθήκη της ΕΕ, μπορεί η ενεργειακή ασφάλεια και οι πυλώνες της να γίνουν πραγματικότητα. Πιο πρακτικά, θα πρέπει όμως να διαφοροποιηθούν οι πηγές, οι προμηθευτές καθώς και οι οδοί εφοδιασμού της ενέργειας. Όσον αφορά τις οδούς και την ασφάλεια του εφοδιασμού, αυτή θα πρέπει κυρίως να στηρίζεται στην σχέση και στην στενή συνεργασία των κρατών μελών, έτσι ώστε σε περίπτωση περιορισμένης προσφοράς να μπορούν εναλλακτικά να στραφούν στα γειτονικά κράτη. Η αλληλεγγύη και η υποστήριξη, ειδικά σε περιόδους κρίσης εφοδιασμού, αποτελούν βασικά ζητήματα, που απασχολούν την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία έχει ως στόχο την λήψη μέτρων, για να διασφαλίσει έτσι και τα αδύναμα πλαίσια ορισμένων χωρών, αλλά και την εξάπλωση της στρατηγικής της ενεργειακής ασφάλειας στην παγκόσμια αγορά. Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η διαφάνεια σε όλες τις διαδικασίες και συμφωνίες μεταξύ των ενδιαφερομένων.

Η δεύτερη διάσταση αφορά μια ενοποιημένη εσωτερική αγορά ενέργειας, η οποία υπολειτουργεί μόνο με την ύπαρξη των συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου και των διασυνοριακών συνδέσεων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α). Έτσι θα πραγματοποιηθούν αλλαγές στα έργα υποδομών, στην ηλεκτρική ενέργεια, καθώς επίσης θα γίνουν επενδύσεις στην παραγωγή, τα δίκτυα και την ενεργειακή απόδοση, εκτιμώμενου ύψους 200 δισεκατ. ευρώ ετησίως. Για να μπορούν να εφαρμοστούν τα συγκεκριμένα μέτρα θα πρέπει οι κανονισμοί και η ισχύουσα νομοθεσία να ακολουθούνται κατά γράμμα. Σε επόμενο στάδιο, αφού υπάρξει μια βάση κανονιστική και νομοθετική, είναι αναγκαίο να θεσπιστεί ένα πιο συγκεκριμένο ρυθμιστικό πλαίσιο για την σωστή και αποτελεσματική λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας. Σε αυτόν το στόχο συμβάλει η τρίτη δέσμη μέτρων για την εσωτερική αγορά ενέργειας, η οποία προτείνει διάφορες αλλαγές και μεθόδους καλυτέρευσης. Πέραν των μέτρων και των πλαισίων, για να καταφέρει η εσωτερική αγορά ενέργειας να είναι ενοποιημένη, θα πρέπει να ενισχυθεί η περιφερειακή σχέση και συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών και των γειτονικών χωρών. Τέλος, στο πλαίσιο μιας ενοποιημένης αγοράς ενέργειας εισάγεται και η προστασία των καταναλωτών,

μέσω των έξυπνων τεχνολογιών αλλά και της προσπάθειας αντιμετώπισης της ενεργειακής πενίας.

Η τρίτη κατά σειρά διάσταση, με τίτλο “Συμβολή της ενεργειακής απόδοσης στη συγκράτηση της ζήτησης ενέργειας”, προσπαθεί ουσιαστικά να φέρει στο φως την δυνατότητα, του ανταγωνισμού επί ίσοις όροις μεταξύ της ενεργειακής απόδοσης και της ανταπόκρισης της πλευράς της ζήτησης με τη δυναμικότητα παραγωγής. Προς αυτή την κατεύθυνση θα συντελέσουν κυρίως η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα των κτιρίων, καθώς επίσης και η προσπάθεια για έναν ενεργειακά πιο αποδοτικό τομέα των μεταφορών, χωρίς ανθρακούχες εκπομπές. Αρχικός στόχος της Επιτροπής ήταν η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 27%, ο οποίος ορίστηκε από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το 2014. Στις 30 Νοεμβρίου του 2016 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο κάλεσε επίσης την Επιτροπή να υποβάλει τη νομοθεσία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να αυξηθεί ακόμη περισσότερο το επίπεδο φιλοδοξίας σε τουλάχιστον 30% (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016).

Συνεχίζοντας στην τέταρτη διάσταση, η οποία συντελεί την ενεργειακή στρατηγική της Ένωσης, βασικός στόχος είναι η απαλλαγή της οικονομίας από τις ανθρακούχες εκπομπές, γεγονός το οποίο θα βοηθήσει και θα στρέψει τα βλέμματα σε μια πιο φιλική προς το κλίμα πολιτική και μεταχείριση. Σε αυτό θα συμβάλλουν η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στο έδαφος καθώς και η εύρυθμη λειτουργία του συστήματος εμπορίας εκπομπών της ΕΕ. Σε αυτό βοηθά πολύ ο στόχος, που έχει θέσει η ΕΕ σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο οποίος αφορά την κατοχή και την κατάκτηση της ηγετικής και πρώτης θέσης στον τομέα αυτό. Η ΕΕ έχει επίσης θέσει ως στόχο της ΕΕ το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που θα καταναλώνεται στην ΕΕ το 2030 να ανέρχεται σε τουλάχιστον 27 %. Ήδη η πορεία που έχει χαράξει η ΕΕ είναι ευοίωνη αλλά χρειάζεται ακόμα αρκετή δουλειά (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α).

Τέλος, ο στόχος για μια ενεργειακή ένωση, η οποία θα στηρίζεται και θα προωθεί την έρευνα, την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα, αποτελεί την πέμπτη και τελευταία διάσταση της ενεργειακής στρατηγικής της ΕΕ. Θα μπορούσαμε να πούμε, πως αν και όλες οι διαστάσεις συνδέονται η μια με την άλλη, οι δύο τελευταίες, ίσως αποτελούν τον συνδετικό κρίκο. Για να υλοποιηθεί ο στόχος της κατάκτησης της πρώτης θέσης στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει η έρευνα, η καινοτομία και η ανταγωνιστικότητα να είναι πλήρως ανεπτυγμένες και αποτελεσματικές, καθώς αυτές είναι οι δυνάμεις, που θα δώσουν ώθηση στην υλοποίηση του στόχου αυτού. Αν και η πρόοδος, που έχει σημειωθεί στις τρεις αυτές διαδικασίες, είναι μεγάλη, χρειάζονται ακόμα αρκετά να γίνουν και κυρίως ένας μετασχηματισμός. Ο μετασχηματισμός αυτός πρέπει να βασιστεί στο πρόγραμμα “Ορίζων 2020” και να πραγματοποιηθεί με τη συμμετοχή όλων των κρατών μελών, των ενδιαφερόμενων μερών και της Επιτροπής (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α). Οι δράσεις, που θα αφορά, αποτελούνται από τέσσερις βασικούς άξονες και προτεραιότητες, οι οποίες είναι οι εξής: η απόκτηση της πρώτης θέσης παγκοσμίως όσον αφορά την ανάπτυξη της επόμενης γενιάς τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την διευκόλυνση της συμμετοχής των καταναλωτών στην ενεργειακή μετάβαση, την ανάπτυξη αποδοτικών



ενεργειακών συστημάτων και την αξιοποίηση της τεχνολογίας και τέλος την δημιουργία πιο βιώσιμων συστημάτων μεταφορών.

Οι πέντε αυτές διαστάσεις της ενεργειακής στρατηγικής της Ένωσης αποτελούν μελλοντική ανάπτυξη και υλοποίηση ενός οράματος. Σε αυτό το όραμα συνδράμει και η διακυβέρνηση της Εν. Ένωσης. Χάρη σε μια σωστή και διαδικασία διακυβέρνησης και παρακολούθησης, μπορεί να εξασφαλιστεί, ότι οι δράσεις, που σχετίζονται με την ενέργεια σε ευρωπαϊκό, περιφερειακό, εθνικό και τοπικό επίπεδο, συμβάλλουν πράγματι στην επίτευξη των ενεργειακών στόχων της Ένωσης. Μια σωστή διαδικασία διακυβέρνησης θα πρέπει να εμπερικλείει στο εσωτερικό της δράσεις, οι οποίες θα αφορούν την ενέργεια και το κλίμα αλλά και την εφαρμογή του πλαισίου, που έχει τεθεί για αυτά, τον διάλογο για την ενέργεια με τους ενδιαφερόμενους, την συνεργασία μεταξύ των μελών, την βελτίωση την ανάλυσης των πληροφοριών για μια πιο εύκολη πρόσβαση και την υποβολή ετήσιας έκθεσης προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο σχετικά με την κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 α).

Η ανακοίνωση για την νέα παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα (Πρωτόκολλο των Παρισίων) εμπερικλείει το στόχο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% ως το 2030, καθώς επίσης και τους στόχους για την βιώσιμη ανάπτυξη αλλά και τις επενδύσεις προς μια ανάπτυξη χαμηλών εκπομπών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016). Επίσης, επισημαίνεται η ανάγκη για επανεξέταση και βελτίωση των δεσμεύσεων που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του Πρωτοκόλλου των Παρισίων καθώς και τονίζεται η σημασία των κανόνων για την λογοδοσία, την υποβολή εκθέσεων, την επαλήθευση και την παρακολούθηση για όλα τα συμβαλλόμενα μέρη του Πρωτοκόλλου. Τέλος, αναφέρει τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η προώθηση της υλοποίησης και της συνεργασίας καθώς και την δημιουργία νέων πολιτικών μέσω των οποίων θα πραγματοποιηθεί η κινητοποίηση για την κλιματική αλλαγή. Η συμφωνία στο Παρίσι τέθηκε σε ισχύ επισήμως στις 4 Νοεμβρίου του 2016 κατά την σύνοδο στο Μαρόκο (COP22) και οδηγεί με αυτόν τον τρόπο όλα τα έθνη σε ένα κοινό σκοπό προκειμένου να αναλάβουν φιλόδοξες προσπάθειες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και να προσαρμοστούν στις επιπτώσεις της. Η επόμενη προκαθορισμένη σύνοδος διάσκεψης (COP 23) των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC) θα πραγματοποιηθεί στην Βόννη της Γερμανίας στις 6 με 17 Νοεμβρίου του 2017 (Wikipedia, 2017).

Τέλος όσον αφορά την Τρίτη ανακοίνωση, δηλαδή την επίτευξη της διασύνδεσης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 10% (COM(2015)82) έως το 2020, αυτή επικεντρώνεται στα εξής τέσσερα στοιχεία. Πρώτο στοιχείο αποτελεί ο στόχος προς βελτίωση του επιπέδου διασύνδεσης κάτω του 10% στα 12 κράτη-μέλη (Ιρλανδία, Ιταλία, Ρουμανία, Πορτογαλία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία, Πολωνία, Κύπρος και Μάλτα). Ακολουθούν τα σχέδια του κανονισμού του ΔΕΔ-Ε και του μηχανισμού «Συνδέοντας την Ευρώπη», τα οποία θα συμβάλουν σημαντικά στην υλοποίηση των στόχων της διασύνδεσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2016). Τέλος, η ανακοίνωση αναφέρει τα διαθέσιμα χρηματοδοτικά μέσα αλλά και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να στηρίξουν τα έργα διασύνδεσης

ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης τις μεθόδους που θα συμβάλουν στην περιφερειακή συνεργασία.

### 2.1.7 Ευρωπαϊκή Πολιτική για το 2050

Γενικός στόχος είναι να διαμορφώσουμε ένα όραμα και μια στρατηγική για το πώς το ενεργειακό σύστημα της ΕΕ μπορεί να απαλλαγεί από την εξάρτηση από τον άνθρακα μέχρι το 2050, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την εξασφάλιση του εφοδιασμού και της ανταγωνιστικότητας. Ειδικότερα αποσκοπεί στην εξασφάλιση μεγαλύτερης βεβαιότητας για πιθανούς επενδυτές μέσω υποστήριξης λήψης πολιτικών αποφάσεων σε επίπεδο ΕΕ που δείχνουν διαφορετικές οδούς απεξάρτησης από τον άνθρακα μέχρι το 2050, καθώς και βασικές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. Ακόμη προσπαθεί να συμβιβάσει τους γενικούς πολιτικούς στόχους με τις διάφορες πολιτικές απεξάρτησης από τον άνθρακα και να εντοπίσει κοινά στοιχεία. Θέτει ορόσημα για το διάστημα μετά το 2020 μέχρι το 2050. Ο Ενεργειακός Χάρτης Πορείας 2050 δείχνει πώς μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος αυτός (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017 β).

Ο Ενεργειακός χάρτης πορείας για το 2050 συνδράμει στο γενικό πλαίσιο της απεξάρτησης από τον άνθρακα, όπως σχεδιάστηκε από την κύρια πρωτοβουλία: Ευρώπη αποδοτικής χρήσης των πόρων και με τον χάρτη πορείας για τη μετάβαση σε μια ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων εκπομπών άνθρακα το 2050. Όλοι οι στόχοι είναι συμβιβάσιμοι με τους στόχους της μεσοπρόθεσμης στρατηγικής, δηλαδή της στρατηγικής της Ε.Ε. για το 2020, καθώς και με τους στόχους της ενεργειακής πολιτικής, όπως περιγράφεται στη Συνθήκη της Λισαβόνας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

Ο Ενεργειακός χάρτης πορείας χαρακτηρίζεται και διαμορφώνεται με βάση τους τρεις κύριους πυλώνες της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής: βιωσιμότητα, ασφάλεια εφοδιασμού και ανταγωνιστικότητα. Η βιωσιμότητα εξασφαλίζεται κυρίως με την απεξάρτηση από τον άνθρακα, πράγμα το οποίο ενισχύει ταυτόχρονα την εξασφάλιση εφοδιασμού πετυχαίνοντας έτσι μια αειφόρο ανάπτυξη. Στόχος είναι η μείωση των αερίων θερμοκηπίου κατά 80% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 μέχρι το 2050. Για αυτόν τον λόγο οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την ενέργεια πρέπει να περιοριστούν κατά 85%. Με την συνεισφορά των ανεπτυγμένων χωρών στην επίτευξη αυτού του στόχου προβλέπεται να περιοριστεί η υπερθέρμανση του κλίματος στους 2°C, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, που είναι το ανώτατο όριο που έχει θεσπιστεί από την ΕΕ. Απαραίτητες προϋποθέσεις για την εξασφάλιση εφοδιασμού είναι η απεξάρτηση από εισαγωγές παρέχοντας, όμως, παράλληλα μια αυξανόμενη πολυμορφία της προσφοράς. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια ηλεκτρικού δικτύου με συνεχόμενη σταθερότητα. Στο κομμάτι της ανταγωνιστικότητας μεγάλο ρόλο διαδραματίζει η διασφάλιση ενός ανταγωνιστικού ενεργειακού τομέα, ενθαρρύνοντας έτσι τους επενδυτές και σε τελική ανάλυση η μείωση του ενεργειακού κόστους ώστε να είναι οικονομικά προσιτό για τους καταναλωτές. Για την επίτευξη αυτών των στόχων πρέπει να αναπτυχθεί ο τομέας των νέων τεχνολογιών

βασίζοντάς τον στην ανταγωνιστικότητα και στην παραγωγής καθαρής τεχνολογίας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

Γενικότερα, οι τρεις πυλώνες της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής είναι συμπληρωματικοί μεταξύ τους και αλληλεξαρτώνται. Ενισχύοντας τον έναν, επηρεάζονται και βελτιώνονται ταυτόχρονα και οι άλλοι δύο. Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης αυτόματα μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άρα αυξάνει την ενεργειακή ασφάλεια που με τη σειρά του επιφέρει ένα πιο ανταγωνιστικό ενεργειακό τομέα. Στον τομέα της εξασφάλισης του εφοδιασμού υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής μεγάλου μέρους της καταναλισκόμενης ενέργειας από πηγές χαμηλών εκπομπών άνθρακα μέσα στην ΕΕ, με αποτέλεσμα την απεξάρτηση από άλλες πηγές εκτός ΕΕ και αύξηση της ασφάλειας ανεφοδιασμού. Κάποιες από τις λύσεις συνδυάζουν και συμβάλουν σε περισσότερους από έναν στόχο, συμβιβάζοντας και τους τρεις πυλώνες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αφενός δεν απαιτούν καύσιμα που πρόκειται να εισαχθούν στην ΕΕ και αφετέρου έχουν μειωμένη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Για να γίνουν ανταγωνιστικότερες οι τεχνολογίες αυτές θα πρέπει να επενδυθεί στην ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών και να στηριχθούν δημόσια, με βραχυπρόθεσμο αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους για τους καταναλωτές αλλά με μείωση του κόστους μακροπρόθεσμα. Στην μείωση του κόστους συμβάλει και η χρήση του Merit Order Effect, που αποτελεί την αξιοποίηση σειράς προτεραιότητας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από εργοστάσια με χαμηλότερα κόστη, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις τιμές χονδρικής της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια διαφορετική προσέγγιση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλή εκπομπή άνθρακα είναι η πυρηνική ενέργεια, η οποία όμως αντιμετωπίζει προβλήματα αποδοχής στην ΕΕ και για το λόγο αυτό δεν έχει μεγάλη χρηματοδότηση από τα κράτη μέλη. Άλλη μια λύση για τις εκπομπές του άνθρακα είναι η γεωλογική αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα (CSS), η οποία όμως είναι συγκριτικά αναποτελεσματική μέθοδος σε σχέση με την αμείωτη καύση ορυκτών καυσίμων. Το φυσικό αέριο, το ορυκτό καύσιμο με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα, αν και είναι μια πολύ προσοδοφόρα επιλογή αντιμετωπίζει προβλήματα στην εξασφάλιση του ανεφοδιασμού, ιδιαίτερα σε χώρες με μη διαφοροποιημένες προμήθειες (ελλιπής ποικιλία προμήθειας – εφοδίων). Η τρέχουσα ρύθμιση για τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής είναι με βάση το κόστος και εξασφαλίζει βραχυπρόθεσμα τις χαμηλότερες τιμές για τους καταναλωτές, αλλά δεν υποστηρίζουν ακόμη τις νέες τεχνολογίες που επιτρέπουν την ενσωμάτωση των ΑΠΕ και την ενεργειακή αποδοτικότητα που έχουν μακροπρόθεσμα οφέλη σε ικανοποιητικό βαθμό (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011).

#### 2.1.8 Εθνική Πολιτική

«Οι προκλήσεις για την εθνική ενεργειακή πολιτική ταυτίζονται με εκείνες της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής και αφορούν (Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, 2012):

- στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού,

- στην αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν σε σχέση με το περιβάλλον και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής,
- στη βιώσιμη ανάπτυξη και στην προστασία του καταναλωτή και
- στη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς ενέργειας»

Η υιοθέτηση κοινών ευρωπαϊκών πολιτικών στον τομέα της ενέργειας, και κυρίως σε σχέση με τις απαιτήσεις για περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, έχει ήδη επηρεάσει το εθνικό ενεργειακό σύστημα. Οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης και η αβεβαιότητα των μελλοντικών οικονομικών συγκυριών αποτελούν επιπλέον προκλήσεις κατά τον σχεδιασμό της ενεργειακής πολιτικής της χώρας μας. Μια εθνική αγορά ενέργειας δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μια κλειστή αγορά αλλά -αντίθετα- υφίσταται όλες τις ευνοϊκές ή αρνητικές επιδράσεις διεθνών εξελίξεων. Μεταξύ των εξωγενών παραμέτρων που έχουν επίδραση στον ενεργειακό τομέα είναι οι (Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, 2012):

- Γεωπολιτικές εξελίξεις
- Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής
- Εξωγενείς οικονομική παράγοντες, παγκόσμια οικονομία

Υπό αυτήν την έννοια οποιαδήποτε εθνική ενεργειακή πολιτική, προκειμένου να είναι αποτελεσματική, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις διεθνείς εξελίξεις στους παραπάνω τομείς. Οι δεσμευτικοί ενεργειακοί στόχοι για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ήδη επηρεάσει την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα της χώρας με παράλληλη μείωση των εκπομπών Αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στόχος της ενεργειακής πολιτικής είναι ο στρατηγικός προγραμματισμός και η επιλογή δράσεων που θα οδηγήσουν στην αναδιαμόρφωση του ενεργειακού τομέα με αποτέλεσμα την μείωση των εισαγωγών πετρελαίου, την βέλτιστη αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας με απώτερο σκοπό την αυξημένη χρήση ΑΠΕ, την μεγιστοποίηση της εξοικονόμησης ενέργειας και την εξασφάλιση του εφοδιασμού και της αποδοτικής χρήσης του φυσικού αερίου. Ο εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός δεσμεύεται από το σύνολο των μακροοικονομικών παραμέτρων και οφείλει να είναι προς όφελος της εθνικής οικονομίας, του δημοσίου συμφέροντος και των καταναλωτών. Πρέπει να βασίζεται στην πράσινη ανάπτυξη προστατεύοντας το περιβάλλον και να μην αποκλίνει από τις οδηγίες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).

Υπεύθυνο για την ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Το ΥΠΕΚΑ διαμορφώνει την ενεργειακή αγορά, θεσπίζοντας νόμους για την ρύθμιση και λειτουργία της. Εκπληρώνει τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της χώρας, μέσω της προώθησης των ΑΠΕ, της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και της εξοικονόμησης ενέργειας, και αναλαμβάνει την θεσμοθέτηση για τα μεγάλα έργα διεθνών ενεργειακών διασυνδέσεων. Η ενεργειακή

πολιτική στην Ελλάδα επικεντρώνεται κυρίως στα εξής (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011):

- «Ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού»
- «Διαφοροποίηση ενεργειακών πηγών»
- «Προστασία του περιβάλλοντος»
- «Προώθηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας μέσω ενεργειακών επενδύσεων καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών, εξασφαλίζοντας παράλληλα την περιφερειακή ανάπτυξη».

Βασισμένη σε αυτά οι στόχοι της ενεργειακής πολιτικής που εφαρμόζεται μπορούν να συνοψιστούν στα εξής σημεία (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011):

- «Στη διασφάλιση της ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας της αγοράς, με υψηλής ποιότητας προϊόντα στις καλύτερες δυνατές τιμές»
- «Στη μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και σταδιακής υποκατάστασης του πετρελαίου από το φυσικό αέριο»
- «Στην ενίσχυση του συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας»
- «Στην αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα»
- «Στην επέκταση της χρήσης φυσικού αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής»
- «Στην απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου»
- «Στην ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, με σκοπό να καταστεί η Ελλάδα σύγχρονο διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο ενέργειας»
- «Στην επέκταση των ελέγχων σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας της αγοράς πετρελαιοειδών, με σκοπό την ενίσχυση του ανταγωνισμού»
- «Στην υλοποίηση των ενεργειακών υποδομών και των ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων, μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων».

Η σταδιακή μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη και αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με παράλληλη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Με αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζονται και προβλήματα που αφορούν εξωγενείς παράγοντες, όπως οι έντονες διακυμάνσεις στην τιμή του πετρελαίου και η αβεβαιότητα ως προς τη διασφάλιση προμήθειας. Συγκεκριμένα, ως παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (σύμφωνα με τον

Ν 2773/1999) ορίζεται η Ηλεκτρική Ενέργεια που προέρχεται από (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας α):

1. «Την εκμετάλλευση Αιολικής ή Ηλιακής Ενέργειας ή βιομάζας ή Βιοαερίου.»
2. «Την εκμετάλλευση Γεωθερμικής Ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού Γεωθερμικού Δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.»
3. «Την εκμετάλλευση της Ενέργειας από την Θάλασσα.»
4. «Την εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού με Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς μέχρι 10 MW.»
5. «Συνδυασμό των ανωτέρω.»
6. «Τη Συμπαράγωγή, με χρήση των Πηγών Ενέργειας, των (1) και (2) και συνδυασμό τους.»

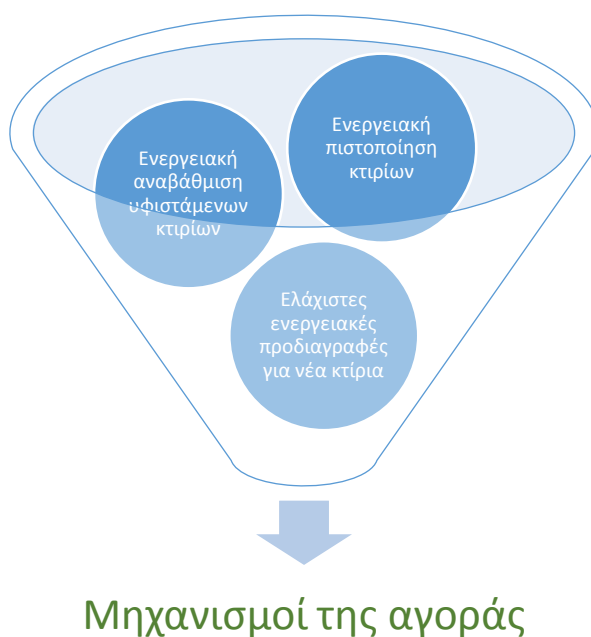
Η αξιοποίηση των τεχνολογιών ΑΠΕ συμβάλλουν στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και ενισχύουν ταυτόχρονα την ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας. Σημαντική παράμετρος είναι η εγκαθίδρυση ενός ασφαλούς επενδυτικού περιβάλλοντος με σαφώς ορισμένο πλαίσιο έκδοσης αδειών ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις χρονοβόρας υλοποίησης έργων ΑΠΕ και να επιτευχθεί βελτίωση και εξομάλυνση της διαδικασίας έκδοσης άδειας. Για τα έργα αυτά πρέπει να υπάρχει υποστήριξη χρηματοδότησης, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος των τεχνολογιών, με μακροπρόθεσμο σκοπό όμως την σταδιακή μείωση του κόστους, με τελικό αποτέλεσμα την απεξάρτηση από την ανάγκη για χρηματοδότηση. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας α). Επιπλέον πρέπει να επιλυθούν αδυναμίες της ενιαίας ηλεκτρικής αγοράς, ώστε η εκμετάλλευση της ενέργειας από ΑΠΕ να μην συμφέρει μόνο από περιβαλλοντικής άποψης, αλλά να μπορεί να ανταπεξέλθει στην ανταγωνιστική αγορά. Στην Ελλάδα ο εθνικός στόχος για τις ΑΠΕ καθορίζει, ότι μέχρι το 2020, η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ θα συμμετέχει κατά 20% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, θα παράγεται το 40% της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και το 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη θα προέρχεται από ΑΠΕ, σύμφωνα με τον νόμο 3815/2010 για την επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2010). Για την Ελλάδα προτείνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η αξιοποίηση της διαθέσιμης θερμικής ενέργειας σε τοπικό επίπεδο ώστε να περιοριστούν οι απώλειες μεταφοράς και η κακή ποιότητα ρεύματος. Πιο αναλυτικά προτείνεται για την αιολική ενέργεια, η αξιοποίηση ενός συνδυασμού με αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα μέσω δυναμικής αποθήκευσης του αιολικού δυναμικού. Ιδιαίτερα σε νησιωτικές περιοχές της χώρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αιολικό δυναμικό με μεγάλη επιτυχία λόγω ισχυρών ανέμων. Στον τομέα της ηλιακής ενέργειας η Ελλάδα έχει προνομιούχος θέση. Η μέγιστη διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια συμπίπτει με τις ώρες φορτίου αιχμής κατά τους θερινούς μήνες, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο μια άμεση και αποτελεσματική λύση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα. Η ύδρευση και άρδευση μπορεί να λειτουργήσει συνδυαστικά με

υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής. Η καύση βιομάζας για ηλεκτροπαραγωγή ή θέρμανση μπορεί να τροφοδοτηθεί από την εκκαθάριση δασικών και γεωργικών εκτάσεων προστατεύοντας παράλληλα το περιβάλλον από πιθανές πυρκαγιές. Η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας που χρησιμοποιούνται κυρίως στον γεωργικό τομέα σε μικρές κλίμακες, έχει σημειώσει τάση εφαρμογής και στον κτιριακό τομέα πλέον, καλύπτοντας τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης των χώρων.

Η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο και πρώτη προτεραιότητα κάθε ενεργειακής πολιτικής. Έτσι και στην Ελλάδα αποτελεί βασική παράμετρο της ενεργειακής πολιτικής της χώρας μας και μπορεί να θεωρείται από μόνη της έναν εν δυνάμει ενεργειακό πόρο. Η ορθολογική και αποδοτική χρήση της ενέργειας, δηλαδή η μείωση της σπατάλης της ενέργειας και η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, οδηγεί κατά συνέπεια σε μικρότερη παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κυρίως μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στους διάφορους τομείς και μέσω της αλλαγής της ενεργειακής συμπεριφοράς των καταναλωτών. Με αυτόν τον τρόπο οδηγούμαστε και σε μείωση των δαπανών, σημείου πρωταρχικής σημασίας στις δυσχερείς οικονομικές συνθήκες που βρισκόμαστε. Οι τρεις τομείς που διαθέτουν το υψηλότερο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι ο κτηριακός τομέας, ο τομέας των μεταφορών και ο τομέας της βιομηχανίας (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας α).

Ο κτηριακός τομέας αποτελεί περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης της ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας). Για τον λόγο αυτό υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον αλλά και ανάγκη βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Με τις καινούργιες τεχνολογίες και τη χρήση κατάλληλων τεχνικών έχουμε τη δυνατότητα επίτευξης σημαντικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας ιδιαίτερα στον κατασκευαστικό τομέα. Αυτό αφορά τόσο τα καινούργια κτίρια όσο και τα παλαιά. Η ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Το 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης απαιτείται για την θέρμανση των κατοικιών. Οικιακές συσκευές, φωτισμός και κλιματισμός αποτελούν περίπου το 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Το 35,5% των κατοικιών με κεντρικό σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμο. Οι υπόλοιπες κατοικίες, που διαθέτουν αυτόνομο σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα. Μεγάλο μέρος της εξοικονόμησης στα νέα κτίρια μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση τεχνικών βιοκλιματικού σχεδιασμού και με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη το τοπικό κλίμα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας, αξιοποιεί τις διαθέσιμες φυσικές πηγές και αποσκοπεί στην ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας δίνοντας όμως ταυτόχρονα βάση στην επίτευξη βέλτιστων συνθηκών εσωτερικής άνεσης. Τα ενεργειακά αποδοτικά δομικά υλικά εξασφαλίζουν την θερμική προστασία του κτηριακού κελύφους με αποτέλεσμα την μειωμένη χρήση κλιματιστικών. Η επαρκή θερμομόνωση μαζί με την αποφυγή θερμογεφυρών, η χρήση επιχρισμάτων και χρωματισμών ψυχρών βαφών μεγάλης ανακλαστικότητας για τις προσήλιες τους θερινούς μήνες εξωτερικές επιφάνειες τοίχων και ταρατσών όπως και η χρήση διπλών υαλοπινάκων και αεροστεγών κουφωμάτων είναι μέρος

της θερμικής προστασίας των κτιρίων. Άλλα μέτρα που προτείνονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας είναι η χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων ενός κτιρίου και η χρήση παθητικών συστημάτων δροσισμού. Με τα παθητικά συστήματα δροσισμού μειώνονται τα θερμικά φορτία του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες μέσω της κατάλληλης σκίασης των ανοιγμάτων, ανάλογα με τον προσανατολισμό του. Όλα αυτά τα μέτρα και άλλα που αφορούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, τα συστήματα ψύξης και εξειδικευμένες διατάξεις ανάκτησης απορριπτόμενης ενέργειας ενσωματώθηκαν με νόμους και τροποποιήσεις στο εθνικό μας δίκαιο και παράλληλα εκδίδονται από το Υ.Π.Ε.Κ.Α. μια σειρά σχετικών διευκρινιστικών εγκυκλίων που αφορούν την εφαρμογή αυτών (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, β).



Σχήμα 2.1 “Μέτρα Ενεργειακής Πολιτικής στον κτιριακό τομέα” (Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, 2012)

Με τον νόμο 3661/2008: «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» ενσωματώθηκε στο εθνικό μας δίκαιο η ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Τα βασικότερα σημεία του νόμου είναι (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011):

- «Η έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων – Κ.Εν.Α.Κ., ο οποίος εκδόθηκε στις 9 Απριλίου 2010 (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010)»
- «Η θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 μ<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικώς»



- «Η σύνταξη ενεργειακής μελέτης για όλα τα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 μ<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικώς, η οποία κατατίθεται στο αντίστοιχο αρμόδιο πολεοδομικό γραφείο για όλα τα νέα και ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια»
- «Η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.) κτιρίου για όλα τα νέα και τα ριζικώς ανακαινιζόμενα, καθώς και σε περίπτωση αγοραπωλησίας ή μίσθωσης υφισταμένων. Το Π.Ε.Α. ισχύει κατά ανώτατο όριο 10 χρόνια»
- «Η τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης»
- «Η τακτική επιθεώρηση εγκαταστάσεων ψύξης και κλιματισμού»
- «Η έκδοση του σχετικού προεδρικού διατάγματος για τους ενεργειακούς επιθεωρητές, όπου προβλέπονται διατάγματα σχετικά με την εκπαίδευση και τα προσόντα, τη διαδικασία εγγραφής στο σχετικό μητρώο, τις αμοιβές και τις κυρώσεις σε περίπτωση παραβάσεων».

Με τον νόμο 3851/2010 “Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής” (Φ.Ε.Κ. Α’ 85), με το άρθρο 10 τροποποιούνται ρυθμίσεις του νόμου 3661/2008 κυρίως στα εξής σημεία (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011):

- «Η κατάργηση του ορίου των 1000 μ<sup>2</sup>, για την υποχρέωση σύνταξης και υποβολής της σχετικής ενεργειακής μελέτης στα αρμόδια πολεοδομικά γραφεία»
- «Η υποχρέωση κάλυψης του 60% των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα ή συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή συστήματα αντλιών θερμότητας με υψηλή απόδοση, κ.ά.»
- «Η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και έκδοση Π.Ε.Α. σε τμήμα του κτιρίου, όπως οριζόντιες ιδιοκτησίες (π.χ. διαμερίσματα) με κοινό κεντρικό σύστημα θέρμανσης»
- «Η υποχρέωση το αργότερο έως τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό συντελεστή επίδοσης SPF (μέτρο λειτουργικής απόδοσης μιας ηλεκτρικής αντλίας θερμότητας κατά την διάρκεια της εποχής)μεγαλύτερο από 3,3. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα, αυτή η υποχρέωση θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31.12.2014»
- «Η δυνατότητα χρηματοδότησης εφαρμογής συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κτίρια κατοικιών, μέσω ειδικών προγραμμάτων δημοσίων επενδύσεων (Π.Δ.Ε.)»

Επιπλέον καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (Φ.Ε.Κ. 362/4-7-79) με τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας. Με αυτόν ορίζονται τα όρια τιμών του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  (προσδιορίζει πόσο εύκολα διαπερνά η θερμότητα (μετρούμενη σε Watt), μέσα σε μία ώρα, ένα υλικό είτε στρώσεις ίδιων ή διαφορετικών υλικών ορισμένου πάχους  $d$  και εμβαδού ενός τετραγωνικού μέτρου). Η μελέτη θερμομονωτικής επάρκειας εντάχθηκε στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης που απαιτείται για κάθε νέο και ριζικώς ανακαινιζόμενο κτίριο σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ..



Σχήμα 2.2 “Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)” (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί υποχρέωση της χώρας προς τις απαιτήσεις της ΕΕ για την ενεργειακή αποδοτικότητα κτιρίων, προσθέτοντας την αποδοτικότητα στα κυριότερα στοιχεία των κτηρίων πέρα από την ασφάλεια και την αισθητική. Στον Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, 2010) και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2014). Η ενεργειακή κατάταξη γίνεται είτε μέσω της σύγκρισης των τιμών του κτιρίου με τις τιμές αναφοράς, είτε με τη μεθοδολογία του κτιρίου αναφοράς όπου συγκρίνονται τα ως προς μελέτη κτίρια με το κτίριο αναφοράς. Με βάση αυτές τις μεθοδολογίες διαμορφώνονται οι ενεργειακές κατηγορίες A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H. Όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια πρέπει να έχουν Ενεργειακή Απόδοση μικρότερη ή ίση με την κατηγορία B. Στην μεθοδολογία σύγκρισης με τιμές αναφοράς η κατάταξη του κτιρίου γίνεται με βάση της υπολογιζόμενης συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε  $[kWh/m^2]$  ενώ στη μεθοδολογία της σύγκρισης με το κτίριο αναφοράς η κατάταξη γίνεται βάσει της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας σε  $[kWh/m^2]$ . Το κτίριο αναφοράς έχει την ίδια γεωμετρία, προσανατολισμό, προφίλ λειτουργίας και κλιματικά δεδομένα με το υπό μελέτη κτίριο. Το κτίριο αναφοράς καταλαμβάνει πάντα τη θέση B στις ενεργειακές κατηγορίες.

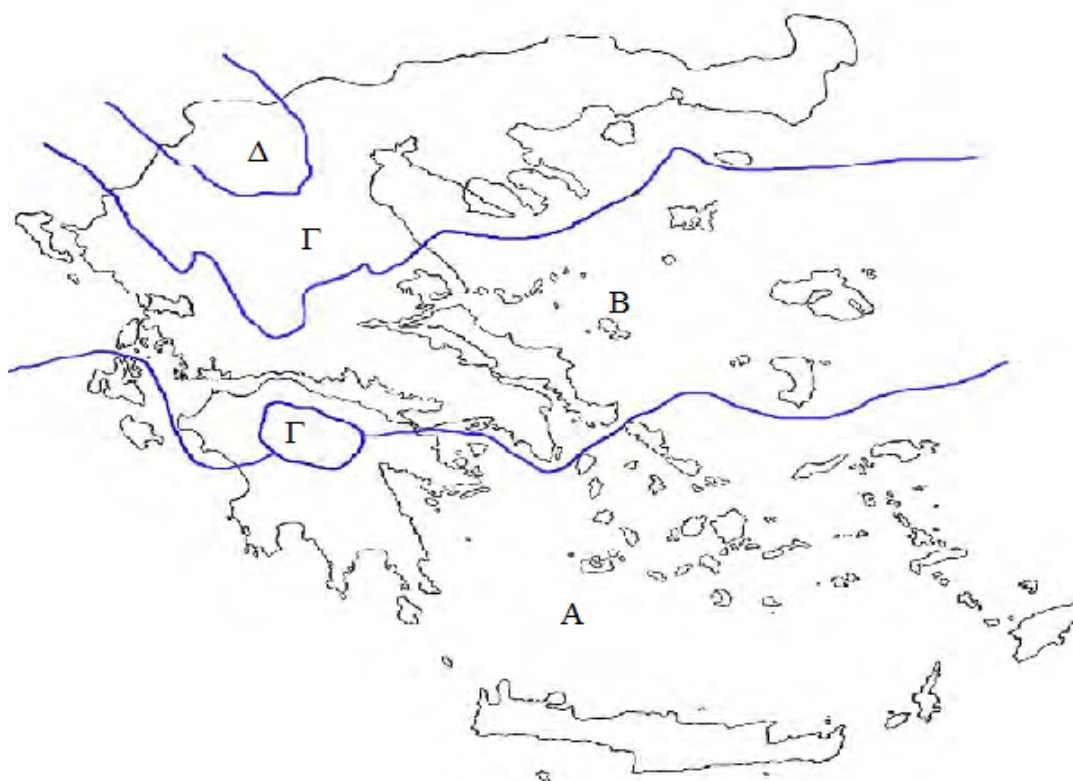
ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
$EP < 0,33 \cdot R_R$	A+
$0,33 \cdot R_R < EP \leq 0,5 \cdot R_R$	A
$0,5 \cdot R_R < EP \leq 0,75 \cdot R_R$	B+
$0,75 \cdot R_R < EP \leq 1,0 \cdot R_R$	B
$1,0 \cdot R_R < EP \leq 1,41 \cdot R_R$	Γ
$1,41 \cdot R_R < EP \leq 1,82 \cdot R_R$	Δ
$1,82 \cdot R_R < EP \leq 2,27 \cdot R_R$	E
$2,27 \cdot R_R < EP \leq 2,73 \cdot R_R$	Z
$2,73 \cdot R_R < EP$	H
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ	

< 60	A+
60 - 80	A
80 - 115	B+
115 - 145	B
145 - 165	Γ
165 - 185	Δ
185 - 225	E
225 - 265	Z
265 <	H

Εικόνα 2.1 “Ενεργειακές Κατηγορίες για Τιμές Αναφοράς και Κτίριο Αναφοράς (A+ έως H)” (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

Ακόμη στον Κ.Εν.Α.Κ. καθορίζεται ο τύπος και τα περιεχόμενα της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και οι αρμόδιοι για την εκπόνηση της Ενεργειακής Μελέτης. Για την Μ.Ε.Α Κτιρίων καθορίστηκαν οι κλιματικές ζώνες (Α, Β, Γ, Δ) και τα κλιματολογικά δεδομένα τα οποία επηρεάζουν άμεσα την ενεργειακή απόδοση (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).



Σχήμα 2.3 “Κλιματικές Ζώνες” (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος και Περιφερειακό Τμήμα Νομού Κέρκυρας του ΤΕΕ, 2009)

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη είναι (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011):

- «Γενικές πληροφορίες του κτιρίου όπως η τοποθεσία, χρήση του κτιρίου, πρόγραμμα λειτουργίας, αριθμός χρηστών. Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, αερισμός, φωτισμός»
- «Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και των ανοιγμάτων όπως κάτοψη, όγκος, επιφάνεια, προσανατολισμός, συντελεστές σκίασης, εσωτερικά χωρίσματα, κ.ά.»
- «Ενεργειακός σχεδιασμός ως προς τις ελάχιστες απαιτήσεις του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού όπως θερμική επάρκεια, θερμικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους, θερμοπερατότητα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, ανακλαστικότητα, κ.ά. τα οποία επηρεάζονται και από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό»
- «Τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής θερμού νερού για την θέρμανση των εσωτερικών χώρων»
- «Τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων ψύξης όπως μονάδες παραγωγής, κεντρικές κλιματιστικές μονάδες και διανομής ψυχρού μέσου για την ψύξη των χώρων.»
- «Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος τεχνητού αερισμού όπως μονώσεις του συστήματος διανομής, κ.ά.»
- «Στοιχεία για την απόδοση όλων των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στην θέρμανση, ψύξη και στον τεχνητό αερισμό»
- «Παθητικά ηλιακά συστήματα και ηλιακή προστασία»
- «Συστήματα ΑΠΕ όπως φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες, ηλιακή και γεωθερμική ψύξη και θέρμανση»
- «Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας»
- «Συστήματα τηλεθέρμανσης»
- «Συστήματα διαχείρισης ενέργειας όπως αυτοματισμοί, καταγραφικά, κ.ά.»

Με βάσει της ενεργειακής κατηγορίας ο Κ.Εν.Α.Κ. ορίζει τον τύπο και τα περιεχόμενα του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης αλλά και την διαδικασία έκδοσής του μαζί με όλες τις παραμέτρους τεχνικών χαρακτηριστικών που θα λαμβάνονται υπόψη για την έκδοση. Το Π.Ε.Α. συμπεριλαμβάνει την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), την συνολική ενεργειακή απαίτηση ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ), την πραγματική κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) για την διάρκεια ενός χρόνου και την αξιολόγηση του ενεργειακού επιθεωρητή σχετικά με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).

The figure displays two main sections of an Energy Performance Certificate (EPC) form. The left section, titled 'ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ', includes fields for building details (address, type, area, etc.) and a 'BASIMOLOGIKH ENERGEIAKH APODOXH' section. This section features a bar chart with energy consumption levels ranging from A (lowest) to H (highest), with a yellow arrow pointing to level B. The right section, titled 'ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ' (repeated), contains the 'ETHSIA KATAWALOXH ENERGEIAS ANA TEΛEIKH XPHSH' table. This table lists energy sources (Electricity, Heating, Cooling, etc.) and their final consumption in kWh. Below this is a section for 'SYNTAXES GIA TH BEΛTIΩXH THS ENERGEIAKH APODOXH' with numbered steps for improvement. The bottom part of the form includes fields for the assessor's name and signature, and the date of issue.

Εικόνα 2.2 ‘Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.)’ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

Ο τομέας των μεταφορών κατέχει αμέσως μετά από τον κτιριακό τομέα το επόμενο μεγαλύτερο μερίδιο κατανάλωσης ενέργειας με ποσοστό μεγαλύτερο του 30% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Παρατηρείται τα τελευταία χρόνια η αύξηση του ποσοστού αυτού λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για μετακινήσεις. Όπως και στον κτιριακό τομέα υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης στην ενεργειακή απόδοση αλλά και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Όλο και περισσότερος κόσμος χρησιμοποιεί εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης όπως ποδήλατο, μέσα μαζικής μεταφοράς, περπάτημα και ομαδική χρήση ενός αυτοκινήτου εάν αυτό μπορεί να εξυπηρετήσει πολλά άτομα με κοινό προορισμό. Η κοινωνική ευαισθητοποίηση των πολιτών για τα θέματα του περιβάλλοντος και η οικονομική κρίση σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές των καυσίμων επιφέρουν την προσαρμογή σε πιο οικονομική και οικολογικά συνειδητή οδήγηση με αποτέλεσμα μικρότερης κατανάλωσης καυσίμων και μεγαλύτερης εξοικονόμησης. Αυτό έχει και θετικό αντίκτυπο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Θετικό αντίκτυπο έχουν επίσης οι εφαρμογές καινούργιων τεχνολογιών υψηλής απόδοσης στα καινούργια οχήματα που εκμεταλλεύονται τα διαθέσιμα καύσιμα με καλύτερο

τρόπο, πετυχαίνοντας έτσι μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Τα οφέλη είναι άμεσα και επηρεάζουν και την εθνική οικονομία και σταθερότητα ενεργειακού εφοδιασμού εφόσον συμβάλει στην απεξάρτηση από το πετρέλαιο και άλλους εξωγενείς ενεργειακούς πόρους. Σημαντική είναι και η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).

Ο τρίτος τομέας με μεγάλο δυνητικό εξοικονόμησης ενέργειας είναι στη βιομηχανία. Αποτελεί περίπου το 23% της κατανάλωσης τελικής ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης της ελληνικής βιομηχανίας είναι συγκριτικά με βιομηχανίες άλλων χωρών της ΕΕ χαμηλότερος, αυτό σημαίνει ότι παράγουμε λιγότερες μονάδες προϊόντος ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας σε σχέση με τις άλλες βιομηχανίες. Τα κύρια αίτια είναι η μειωμένη εξοικονόμηση ενέργειας λόγω αναχρονιστικών τεχνολογιών με χαμηλό βαθμό απόδοσης ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό οφείλεται αφενός στην οικονομική κρίση και στην έλλειψη ρευστότητας για επενδύσεις και αφετέρου στην έλλειψη συνειδητοποίησης και συνείδησης για θέματα εξοικονόμησης ενέργειας στον συγκεκριμένο κλάδο, εφόσον δεν αποτελεί προτεραιότητα των ελληνικών βιομηχανιών γενικότερα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος γίνονται πλέον ενεργειακές επιθεωρήσεις με σκοπό την ανάλυση των ενεργειακά μη αποδοτικών τομέων, εργαλείων και συστημάτων μιας βιομηχανίας και προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης και βελτίωσης. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών επιφέρει την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης με παράλληλα μείωση του ενεργειακού κόστους, και άρα μείωση του κόστους παραγωγής του προϊόντος, και την προστασία του περιβάλλοντος λόγω της μειωμένης εκπομπής ρύπων όπως διοξείδιο του άνθρακα κτλ. Όπως και στις μεταφορές επωφελείται και η εθνική οικονομία για τους ίδιους λόγους (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011).

Βασισμένη στην ενεργειακή πολιτική και τον σχεδιασμό που ακολουθεί η Ελλάδα προκύπτει η ενεργειακή πορεία της χώρας μας διαμορφώνοντας μια εικόνα για το ενεργειακό σύστημα στην Ελλάδα για το 2050 με τα εξής χαρακτηριστικά όπως προκύπτουν από τον ‘‘Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό, οδικός χάρτης για το 2050’’ (Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, 2012):

- «Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005»
- «Ποσοστό 85%-100% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών, καθώς και του συνόλου του υφιστάμενου δυναμικού ΑΠΕ, σε όλη την επικράτεια και ειδικότερα την περιοχή του Αιγαίου»
- «Συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050»
- «Σταθεροποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας»
- «Σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα»

- «Σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών»
- «Αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% - 34% μέχρι το 2050»
- «Κυρίαρχο το μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης (45%) και σημαντική αύξηση του μεριδίου των μέσων σταθερής τροχιάς»
- «Σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα»
- «Ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων»

Εκτιμάται ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας θα παραμείνει υψηλό και με τάση για αύξηση μέχρι το 2030 και από το 2030 μέχρι το 2050 η διείσδυση των ΑΠΕ με χαμηλότερα κοστολόγια θα επηρεάσει το κόστος ηλεκτροπαραγωγής σημειώνοντας καθοδική τάση.

## 2.2 Έξυπνες Πόλεις

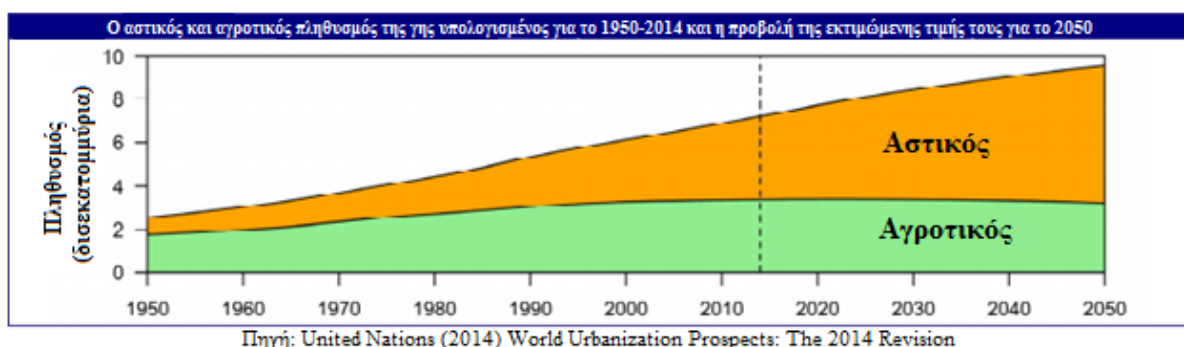
### 2.2.1 Αστικοποίηση

Στις μέρες μας παρατηρείται το φαινόμενο τις μετακίνησης πληθυσμού προς τα μεγάλα αστικά κέντρα. Αστικοποίηση λοιπόν είναι η τάση συγκέντρωσης του πληθυσμού μιας χώρας στις μεγάλες πόλεις και σε αστικές περιοχές (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2014). Το φαινόμενο αυτό είναι παγκόσμιο και παρατηρείται με αυξημένη τάση τα τελευταία 50 χρόνια. Ο παγκόσμιος αστικός πληθυσμός το 1995 ήταν 2,56 δισεκατομμύρια από το συνολικό πληθυσμό του κόσμου που ήταν 5,74 δισεκατομμύρια, δηλαδή ποσοστό 44,7% (Geohive, 2013 α). Το 2005 αντίστοιχα 3,19 δισεκατομμύρια αστικός πληθυσμός από το σύνολο των 6,51 δισεκατομμυρίων, ποσοστό 49,1%. Το 2015 έχουμε φτάσει τα 3,95 δισ. από το σύνολο των 7,32 δισ., ποσοστό 54%. Εκτιμάται ότι αν διατηρηθεί η ανάπτυξη με τον ίδιο ρυθμό το 2025 θα έχουμε 4,7 δισ. αστικό πληθυσμό παγκοσμίως από τα 8,08 δισ. συνολικού πληθυσμού, ποσοστό 58,2%, ενώ μέχρι το 2050 6,33 δισ. από τα 9,55 δισ. δηλαδή ποσοστό 66,4% (United Nations, 2014).

Στην Ελλάδα το 1995 ο αστικός πληθυσμός ήταν 7,69 εκ. με ποσοστό 72,1%, το 2005 ήταν 8,221 εκ. με ποσοστό 74,5%, το 2015 ήταν 8,679 εκ. με ποσοστό 78%. Προβλέπεται ότι το 2025 θα ζούνε στην Ελλάδα σε μεγάλες πόλεις και αστικές περιοχές 8,930 εκ. πληθυσμός που αντιστοιχεί σε ποσοστό 80,9% του συνολικού πληθυσμού (United Nations, 2014). Για το 2050 το ποσοστό αυξάνεται στο 85,8% που είναι 9,158 εκ. πληθυσμός από το σύνολο του πληθυσμού. Παρατηρούμε ότι η αύξηση του αστικού πληθυσμού μέσα σε 20 χρόνια είναι τεράστια και σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και σε εθνικό. Επίσης με βάσει τα στοιχεία για το 2025 και το 2050 εξακολουθεί η τάση για αστικοποίηση να διαγράφει ανοδική πορεία



φτάνοντας ποσοστά της τάξης του 66% σε παγκόσμια κλίμακα και 86% σε εθνική κλίμακα (Geohive, 2013 β).



Σχήμα 2.4 ‘‘Έκτιμηση Παγκόσμιου Πληθυσμού σε Αστικά Κέντρα και στην Ύπαιθρο για το 1950-2014 και Πρόβλεψη για το 2050 σε δισεκατομμύρια’’ (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2014).

Οι αστικές περιοχές και οι μεγάλες πόλεις δίνουν περισσότερες ευκαιρίες απασχόλησης και επένδυσης σε σύγκριση με αγροτικές περιοχές. Αυτό οφείλεται, αφενός στην χαμηλή παραγωγικότητα της γεωργίας, που είναι η κύρια πηγή εργασίας στις αγροτικές περιοχές, και αφετέρου στην εισαγωγή καινούργιων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα με αποτέλεσμα μεγαλύτερης παραγωγής με ταυτόχρονη μείωση του εργατικού προσωπικού. Επιπλέον, η συγκέντρωση βιομηχανιών και υπηρεσιών σε μια περιοχή κοντά σε πόλεις ευνοεί τις βιομηχανίες, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο θέσεις εργασίας και επενδυτικό δυναμικό. Οι πόλεις, προσφέροντας όλα αυτά σε πολίτες και επιχειρήσεις προσελκύει ακόμα περισσότερο κόσμο που αναζητάει καλύτερες ευκαιρίες. Ο κόσμος αυτός εκτός από ανθρώπινο δυναμικό και επιχειρηματικούς πόρους φέρνει μαζί του και καινούργιες ιδέες και καινοτομίες ευνοώντας την παραγωγική και ανταγωνιστική χρήση της τεχνολογίας. Για να καταλάβουμε το μέγεθος της επιρροής της μετάβασης από χαμηλής παραγωγικότητας διάσπαρτες περιοχές σε περιοχές υψηλής συγκέντρωσης βιομηχανιών και ανθρώπων φτάνει να πούμε ότι βάσει εκτιμήσεων το 80% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) στον κόσμο προέρχεται από αστικές περιοχές (The World Bank, 2017). Η παραγωγή στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα είναι σαφώς μεγαλύτερη και αποτελεσματικότερη στις βιομηχανικές περιοχές παρά στις αγροτικές, αντιθέτως όμως ο πρωτογενής τομέας έχει μηδαμινή ή πολύ μικρή παραγωγή στις βιομηχανικές περιοχές. Πλεονέκτημα των πόλεων αποτελεί για τους κατοίκους της η απολαβή κοινωνικών παροχών και η παροχή υπηρεσιών που δεν είναι το ίδιο δυνατή στην ύπαιθρο. Η οικονομία των πόλεων και η εύρυθμη λειτουργία της ελεύθερης αγοράς έχει θετικό αντίκτυπο και στα επίπεδα των εισοδημάτων. Το κόστος ζωής στην ύπαιθρο είναι μικρότερο, όπως μικρότερες είναι και οι δαπάνες για έργα και υποδομές. Ακόμη εμφανίζεται το φαινόμενο της φτώχειας και της υψηλής εγκληματικότητας στα αστικά κέντρα παρά τις αυξημένες ευκαιρίες για απασχόληση. Άλλα μειονεκτήματα είναι η έλλειψη επαφής με τη φύση και η ζωή σε ασφυκτικό περιβάλλον

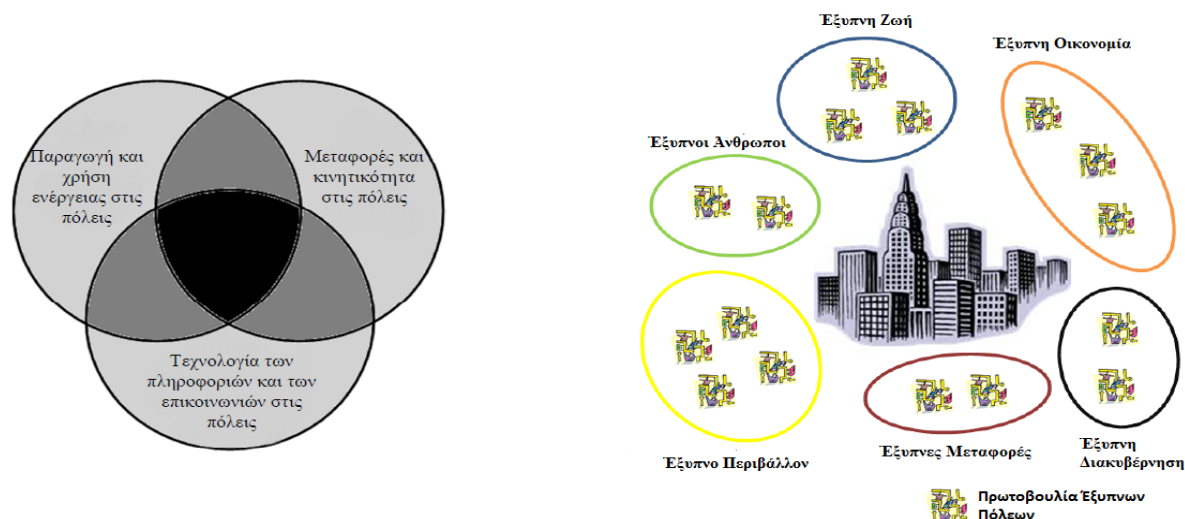


εξαιτίας του μειωμένου ζωτικού χώρου. Μεγάλη επιρροή έχει η αστικοποίηση και στη ρύπανση του περιβάλλοντος και σε κοινωνικά προβλήματα όπως την δυσκολία των πολιτών να δημιουργήσουν κοινωνικές σχέσεις και η κοινωνική απομόνωση. Κομβικό σημείο για την διαβίωση στις πόλεις είναι η εξασφάλιση υψηλού βιοτικού επιπέδου και η βελτίωση της ποιότητας ζωής παρά τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα που φέρνει η αστικοποίηση. Την λύση έρχεται να δώσει μια καινούργια, εκσυγχρονισμένη αντιμετώπιση του προβλήματος που βασίζεται στον σχεδιασμό και στην δημιουργία των “Έξυπνων Πόλεων και Κοινοτήτων”.

## 2.2.2 Έξυπνες Πόλεις και Κοινότητες

Στις μέρες μας, οι πόλεις και οι κοινότητες τείνουν να γίνονται ολοένα “έξυπνότερες” δίνοντας έμφαση στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στην αειφόρο ανάπτυξη. Χρησιμοποιούν προηγμένες ψηφιακές τεχνολογίες διαχείρισης πληροφορίας και γνώσεων και ψηφιακές τεχνολογίες επικοινωνιών προς όφελος της βιώσιμης ανάπτυξης, των μεταφορών και του περιβάλλοντος. Πρακτικά εκμεταλλεύονται την σύμπραξη των τοπικών αρχών με τις τοπικές επιχειρήσεις και την τοπική κοινωνία ωθώντας τους σε ένα περιβάλλον συνεργασίας και συμβιβασμού όπου όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς επωφελούνται από την δημιουργία νέων καινοτόμων σχεδίων και αναπτύξεων. Άμεσο αντίκτυπο έχουν και στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών και στο βιοτικό επίπεδο. Οι πόλεις οδηγούνται στην ανάγκη για αλλαγή και ανάπτυξη εξαιτίας της αυξημένης κατανάλωσης πόρων και των εκπομπών ρύπων. Η ανάπτυξη και εφαρμογή ενός ενιαίου συμμετοχικού συστήματος συλλογής, ολοκλήρωσης, ανάλυσης και αξιολόγησης των ενεργειακών δεδομένων που διαθέτουν οι πόλεις μπορεί να συμβιβάσει την ποιότητα ζωής των πολιτών, τους στόχους των επιχειρήσεων, την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανάπτυξη όχι μόνο βραχυπρόθεσμα αλλά μακροπρόθεσμα. Η ανάλυση, εκτίμηση και βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας στις έξυπνες πόλεις αναφέρεται σε όλους τους τομείς και ιδιαίτερα στις εγκαταστάσεις τοπικών αρχών, βιομηχανιών, επιχειρήσεων αλλά και ιδιωτών (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014).

### Επιτυχής Έξυπνη Πόλη



Σχήμα 2.5 ‘‘Τομή μεταξύ Ενέργειας, Μεταφορών και ΤΠΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012), Διάγραμμα επιτυχούς Έξυπνης Πόλης και επιτυχών Πρωτοβουλιών Έξυπνων Πόλεων’’ (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014)

Τα έργα και οι δράσεις που απορρέουν από τον σχεδιασμό έξυπνων πόλεων εκτελούνται συνεταιριστικά από τους συμμετέχοντες φορείς υλοποιώντας έτσι τις επιδιώξεις τους με μικρότερα κεφάλαια. Επιπλέον κερδίζεται χρόνος και εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διαφάνεια. Οι προηγμένες Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) επιτρέπουν στις πόλεις να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις με ‘‘έξυπνο τρόπο’’ φέρνοντας σε επαφή και ενισχύοντας δίκτυα αποτελούμενα από ανθρώπους, επιχειρήσεις, υποδομές, πόρους, ενέργεια και χώρους παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο ‘‘έξυπνα’’ εργαλεία οργάνωσης και διοίκησης. Συνδέουν υλικές υποδομές χρησιμοποιώντας μεγάλο εύρος συσκευών, προγράμματα και πλατφόρμες μέσω του διαδικτύου και συστημάτων αυτόματου προσδιορισμού. Στόχος είναι η δημιουργία μιας ενιαίας πλατφόρμας στην οποία κυβερνήσεις, επιχειρήσεις και πολίτες μπορούν να επικοινωνούν και να συνεργαστούν στρατηγικά λαμβάνοντας υπόψη και ευνοώντας την ανάπτυξη της πόλης. Έτσι οι έξυπνες πόλεις είναι περισσότερο η διαδικασία παρά το αποτέλεσμα διαχείρισης της πολυπλοκότητας της αστικής ζωής. Οι ΤΠΕ και τα συστήματα συλλογής δεδομένων θα πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014):

- αδιάλειπτα να συγκεντρώνουν, να αναλύουν και να διανέμουν τα δεδομένα της πόλης για να βελτιστοποιήσουν την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα στην επιδίωξη της ανταγωνιστικότητας και της βιωσιμότητας
- να επικοινωνούν και να μοιράζονται αυτά τα δεδομένα και τις πληροφορίες με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, χρησιμοποιώντας κοινούς ορισμούς και πρότυπα, ώστε να μπορούν εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν
- να ενεργούν και να λειτουργούν σε πολλαπλά επίπεδα και τομείς, παρέχοντας λύσεις σε πολλαπλά προβλήματα της πόλης με ολιστικό τρόπο.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα έξυπνων πόλεων και αυτό οφείλεται στις διάφορες παραλλαγές, στα διάφορα μεγέθη και στους τύπους των πόλεων που υπάρχουν. Κάθε έξυπνη πόλη έχει τις δικές τις ανάγκες και προτεραιότητες που προσπαθεί να καλύψει με

αποτέλεσμα να έχουμε διάφορες παραλλαγές έξυπνων πόλεων ή κοινοτήτων. Μερικοί από τους κυριότερους ορισμούς που έχουν δοθεί για την έξυπνη πόλη είναι (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014):

- Μια έξυπνη πόλη είναι μια πόλη που επιδιώκει να αντιμετωπίσει δημόσια ζητήματα μέσω των ΤΠΕ-βασισμένων λύσεων στηριζόμενη σε μια πολυσυμμετοχική, δημόσια συνεργασία («A Smart City is a city seeking to address public issues via ICT- based solutions on the basis of a multi-stakeholder, municipally based partnership», «European Parliament, Policy Department, Economic and Scientific Policy», «Mapping Smart Cities in the EU»).
- Έξυπνες πόλεις συνδυάζουν διάφορες τεχνολογίες για να μειώσουν την περιβαλλοντική τους επίδραση και να προσφέρουν στους πολίτες τους μια καλύτερη ζωή. Αυτό δεν είναι, ωστόσο, απλώς μια τεχνική πρόκληση. Οργανωτικές αλλαγές στην κυβέρνηση - και μάλιστα στη κοινωνία γενικότερα - είναι εξίσου απαραίτητες. Κάνοντας μια πόλη έξυπνη είναι, επομένως, μια άκρως διεπιστημονική πρόκληση, φέρνοντας κοντά υπεύθυνους υπάλληλους της πόλης, καινοτόμους προμηθευτές, εθνικούς και ευρωπαϊκούς πολιτικούς φορείς, ακαδημαϊκούς και την αστική κοινωνία. («Smart Cities combine diverse technologies to reduce their environmental impact and offer citizens better lives. This is not, however, simply a technical challenge. Organisational change in governments – and indeed society at large – is just as essential. Making a city smart is therefore a very multi-disciplinary challenge, bringing together city officials, innovative suppliers, national and EU policymakers, academics and civil society», Smart Cities and Communities 2013)
- Οι πόλεις [θα πρέπει να θεωρείται ότι] είναι συστήματα αποτελούμενα από συστήματα, και ότι υπάρχουν αναδυόμενες ευκαιρίες για την εισαγωγή ψηφιακών νευρικών συστημάτων, ευφυή ανταποκρισιμότητα και βελτιστοποίηση σε κάθε επίπεδο της ενσωμάτωσης του συστήματος. («Cities [should be seen as] systems of systems, and that there are emerging opportunities to introduce digital nervous systems, intelligent responsiveness, and optimization at every level of system integration», MIT 2013)

Μερικοί ορισμοί εστιάζουν στις ΤΠΕ ως οδηγό και καταλύτη προς «εξυπνότερες πόλεις» και άλλοι ευρύτεροι ορισμοί εστιάζουν και ενσωματώνουν κοινωνικοοικονομικές πτυχές, διακυβερνητικές και πολυσυμμετοχικές πτυχές, όπως την χρήση κοινωνικής συμμετοχής και του κοινωνικού ενδιαφέροντος για την ενίσχυση της βιωσιμότητας, της ποιότητας ζωής και της αστικής κοινωνικής πρόνοιας. Σε κάθε περίπτωση οι έξυπνες πόλεις καθορίζονται περαιτέρω κατά μήκος έξι αξόνων ή διαστάσεων (Center of Regional Science, 2007):

- «Έξυπνη Οικονομία»
- «Έξυπνη Κινητικότητα»
- «Έξυπνο Περιβάλλον»
- «Έξυπνοι Άνθρωποι»
- «Έξυπνη Διαβίωση»

- «Έξυπνη Διακυβέρνηση»



### Έξυπνη Οικονομία

- Περιφερειακή/παγκόσμια ανταγωνιστικότητα
- Ορμή επιχειρηματικότητας και καινοτομίας
- Υψηλά επίπεδα παραγωγικότητας
- Ευρυζωνική πρόσβαση σε όλους τους πολίτες και τις επιχειρήσεις για επιχειρηματικές ευκαιρίες
- Ανεξάρτητα από την θέση βοηθά στην διατήρηση του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές
- Ηλεκτρονικές επιχειρηματικές διαδικασίες



### Έξυπνη Κινητικότητα

- Βελτιωμένη προσβασιμότητα
- Ασφαλής μεταφορά
- Πιο αποτελεσματικά και έξυπνα συστήματα μεταφοράς
- Αξιοποίηση των δικτύων για αποτελεσματική κίνηση οχημάτων, ανθρώπων και αγαθών για την μείωση αδιεξόδων
- Νέες κοινωνικές συμπεριφορές, όπως η από κοινού χρήση του αυτοκινήτου, car pooling και χρήση ποδηλάτων



### Έξυπνο Περιβάλλον

- Παρακολούθηση και πρόληψη της ρύπανσης
- Χρήση αειφόρων τεχνολογιών
- Περιβαλλοντική/ αειφόρος/ ενεργειακή κατανάλωση
- Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης μέσω των νέων τεχνολογικών καινοτομιών ενώ θα προάγεται η διατήρηση της ενέργειας και η επαναχρησιμοποίηση υλικού



### Έξυπνοι Άνθρωποι

- Κοινωνικό και Ανθρώπινο Δυναμικό
- Μορφωμένοι, δημιουργικοί και με προσόντα πολίτες
- Ικανοί να χρησιμοποιήσουν τις ειδικές ΤΠΕ έξυπνες υπηρεσίες
- Να μεταδίδουν μια πιο συνεπή εκπαιδευτική εμπειρία σε αστικές και αγροτικές περιοχές
- Ηλεκτρονικές εκπαιδευτικές λύσεις για την καλύτερη ενημέρωση των πολιτών



### Έξυπνη Διαβίωση

- Καλύτερη ποιότητα ζωής
- Κοινωνικές πτυχές- Εκπαίδευση, φροντίδα υγείας, Δημόσια Υγεία, στέγαση
- Πρόσβαση σε υψηλές υπηρεσίες κοινωνικών παροχών (συμπεριλαμβανομένων της e-health ή στην απομακρυσμένη παρακολούθηση υγείας) διαχείριση ηλεκτρονικών μητρώων υγείας
- Οικιακός αυτοματισμός, υπηρεσίες έξυπνου σπιτιού και έξυπνων κτιρίων

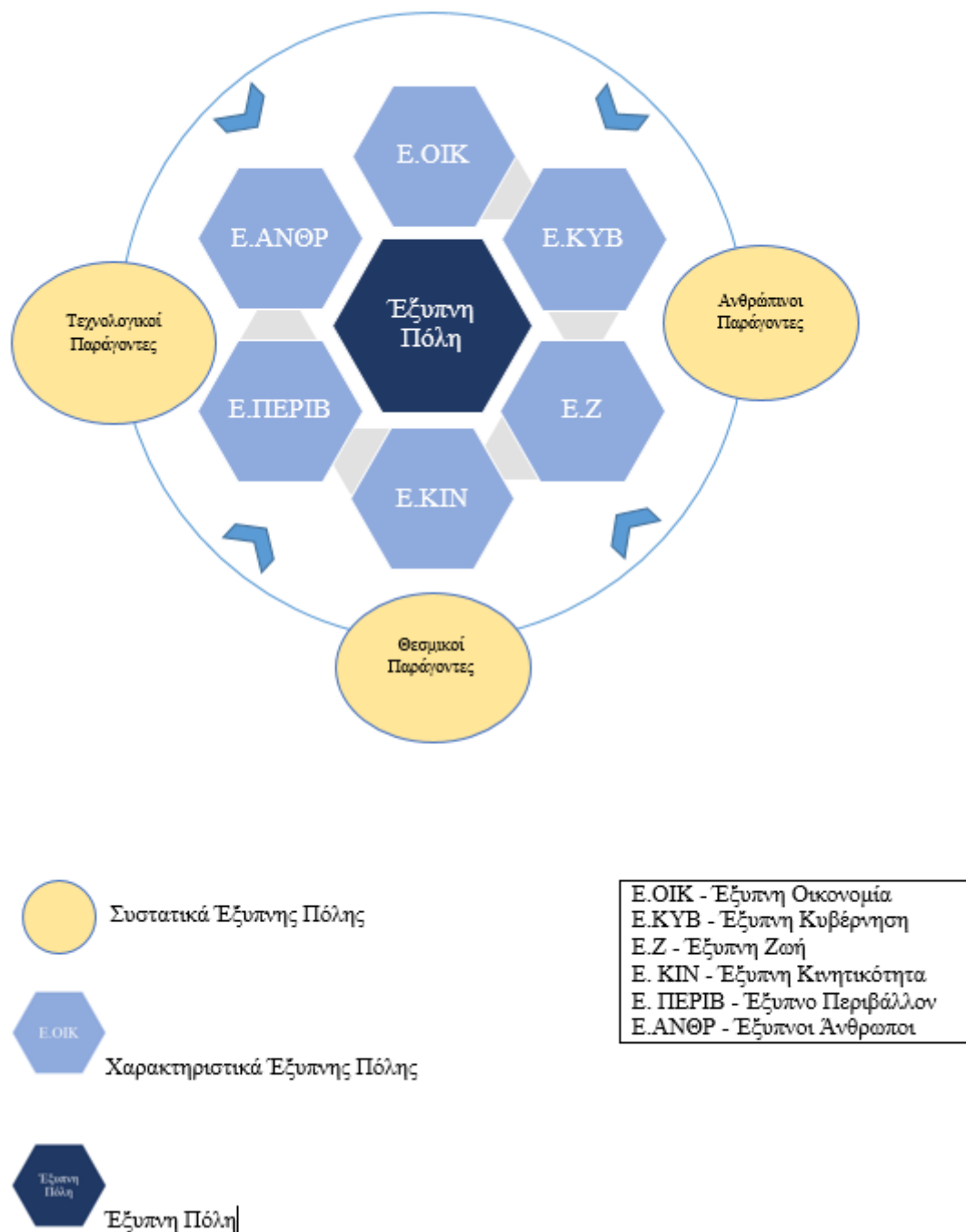


### Έξυπνη Διακυβέρνηση

- Συμμετοχική λήψη αποφάσεων
- Δημόσιες και Κοινωνικές υπηρεσίες
- Διαφάνεια
- Δημοκρατικές διαδικασίες και συμπερίληψη
- Διασυνδεδεμένες κυβερνητικές οργανώσεις και διοικήσεις
- Βελτιωμένη κοινωνική πρόσβαση σε υπηρεσίες

Σχήμα 2.6 “Οι έξι Άξονες κατά των οποίων προσανατολίζονται οι Έξυπνες Πόλεις” (United Nations Commission on Science and Technology for Development, 2016)

Ο συντονισμός των ενεργειακών, κοινωνικών και οικονομικών πολιτικών κατά μήκος αυτών των διαστάσεων ευνοεί τη θετική αλληλεπίδραση μεταξύ ανάπτυξης της πόλης και της αστικοποίησης.



Σχήμα 2.7 ‘‘Η Ανατροφοδότηση μεταξύ των Συντελεστών και των 6 Χαρακτηριστικών μιας Έξυπνης Πόλης’’ (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014)

### 2.2.3 Προσέγγιση Βιώσιμου Ενεργειακού Σχεδιασμού

Η μεθοδολογική προσέγγιση που αφορά τον βιώσιμο ενεργειακό σχεδιασμό πόλεων πρέπει να αξιοποιεί τους διαθέσιμους ενεργειακούς πόρους και να εστιάζει στην εξοικονόμηση ενέργειας χαράζοντας έτσι μια πολιτική που να ευνοεί την δημιουργία και προώθηση των έξυπνων πόλεων και κοινοτήτων. Έτσι ο σχεδιασμός πρέπει να βασίζεται στα ανταγωνιστικά χαρακτηριστικά της περιοχής και στην μοναδικότητα των χαρακτηριστικών της. Η προσέγγιση θα γίνει συνδυάζοντας πέντε πλαίσια-στάδια (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014):

- **Κατανόηση Έξυπνων πόλεων: έρευνα και αξιολόγηση**

- Χρήση λεπτομερών πάνελ-πλαισίων με διαχρονικές μελέτες περιπτώσεων πόλεων με χρηματοδότηση σε επίπεδο πόλης και εξαγωγή αποτελεσμάτων-δεδομένων. Οι μελέτες θα είναι βασισμένες σε δομημένα δείγματα πρωτοβουλιών πολλών στρωμάτων-επιπέδων. Θα πρέπει να εφαρμοστούν συγκεκριμένα ποσοτικά και εναρμονισμένα μέτρα παρακολούθησης τα οποία θα συλλέγουν πληροφορίες για συμμετοχή, εισφορές, δραστηριότητες, αποτελέσματα, δεδομένα προόδου, κ.α. Στην συλλογή πληροφοριών θα βοηθήσουν και συνεντεύξεις με ιδιώτες και επιχειρήσεις που συνέβαλαν ή επωφελήθηκαν από πρωτοβουλίες των πόλεων. Με αυτόν τον τρόπο θα κατανοείται καλύτερα η σημασία που έχουν οι διάφοροι παράγοντες και φορείς.

- Τυποποιημένες μεθοδολογίες εκτίμησης και αξιολόγησης για μέτρηση της επιτυχίας μιας εφαρμογής σε επίπεδο της ίδιας της εφαρμογής αλλά και σε επίπεδο πόλης και Ευρώπης, ώστε να γίνει εφικτή μια εκτίμηση της επιρροής και του αντίκτυπου της εφαρμογής αλλά και για περαιτέρω συγκριτική αξιολόγηση. Αυτές θα πραγματοποιούνται από την Ευρωπαϊκή Κομισιόν και το Impact assessment board (IAB) με την ανάπτυξη νέων, τυποποιημένων μεθόδων αξιολόγησης που θα κάνουν εκτιμήσεις σε πολλαπλά επίπεδα εφαρμογής.

- Ανάπτυξη δομών και μεθόδων για τον προσδιορισμό των αναγκών για την αύξηση της επίδοσης της πόλης σε συγκεκριμένους στόχους-τομείς και παρουσίαση σε συγκριτικούς πίνακες αποτελεσμάτων. Με την βοήθεια των πινάκων θα είναι δυνατή η εύρεση πόλεων με παρόμοια χαρακτηριστικά και ανάγκες ώστε να εδραιωθούν πιθανές συνεργασίες αλλά και ανταλλαγή πληροφοριών-γνώσεων.

- **Σχεδιασμός πρωτοβουλιών και στρατηγιών Έξυπνων Πόλεων**

- Οδηγίες εφαρμογής εξειδικευμένων κατευθυντήριων γραμμών αξιολόγησης των επιπτώσεων εφαρμογής για τις στρατηγικές και τις πρωτοβουλίες Έξυπνων Πόλεων που να περιλαμβάνουν: έξυπνους στόχους, θέματα χρονισμού και αβεβαιότητας, και αξιολόγηση ποικιλόμορφων πειραμάτων-εφαρμογών με σκοπό την διαφοροποίηση από υπάρχουσες λύσεις και την ανάπτυξη νέων λύσεων με την αξιοποίηση εμπειριών από τις διάφορες εφαρμογές. Η στρατηγική και οι πρωτοβουλίες που θα προτείνονται από τους σχεδιαστές έξυπνων πόλεων θα πρέπει να βασίζονται σε στόχους που είναι

σαφώς ορισμένοι, συγκεκριμένοι, μετρήσιμοι, εφικτοί, ρεαλιστικοί και με σαφώς ορισμένο χρονοδιάγραμμα. Στόχος είναι η ανάπτυξη καινοτόμων σχεδίων που να ανταπεξέρχονται στους ευρωπαϊκούς στόχους που θα συνδυάζουν σαφές ρυθμίσεις διακυβέρνησης με ξεκάθαρη στρατηγική μέτρησης και αξιολόγησης απόδοσης.

- Προώθηση τοπικών τμημάτων που αρθρώνονται μεταξύ τους για την ανάληψη πρωτοβουλιών σε πρώιμο στάδιο.

- Διευκόλυνση της εξόδου από πρωτοβουλία έξυπνων πόλεων και δυνατότητα μεταβολής του ποσοστού συμμετοχής κατά τη διάρκεια των τελευταίων σταδίων της πρωτοβουλίας. Οι ενδιαφερόμενοι και μελλοντικοί συμμετέχοντες θα πρέπει να έχουν τρόπο να αποχωρήσουν από κάποια πρωτοβουλία σε περίπτωση που δεν ικανοποιούνται πια οι ανάγκες τους για δύο λόγους. Πρώτον, η αδυναμία εξόδου ή αλλαγής μπορεί να τους αποθαρρύνει εξαρχής να συμμετάσχουν, και δεύτερον, πρέπει να μην υπάρχει κίνδυνος για τους υπόλοιπους συμμετέχοντες η αποχώρηση ενός φορέα να σημαίνει την διάλυση όλου του εγχειρήματος.

- Η χρηματοδότηση για τη στήριξη πρωτοβουλιών έξυπνων πόλεων θα πρέπει να ενσωματώνει διαφορετικές δομές και όρους ανάλογα με την περίπτωση. Η αναπαραγωγή προγραμμάτων έξυπνων πόλεων που έχουν ήδη εφαρμοστεί και πετύχαν είναι επιθυμητή αλλά υπάρχουν συχνά οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα που είναι τοπικά με αποτέλεσμα την ανάγκη για επαναπροσδιορισμό και αναπροσαρμογή.

- Ειδική διαδικασία σχεδιασμού για τη διάρθρωση επιμέρους συνιστωσών των πρωτοβουλιών έξυπνων πόλεων ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοτική και αποτελεσματική εφαρμογή, η μεγιστοποίηση της προσθετικότητας και να εναρμονίζονται οι δυνατότητες των συμμετεχόντων με τους στόχους τους.

- ***Διακυβέρνηση Έξυπνων Πόλεων***

- Υποστήριξη πλατφόρμας διαμεσολαβητικού χαρακτήρα σε ευρωπαϊκό επίπεδο μεταξύ έξυπνων πόλεων που θα παρέχει καθοδήγηση σχετικά με τους στόχους, θα διευκολύνει την δέσμευση ενδιαφερόμενων και θα χορηγεί ένα σύνολο από επιχειρηματικά σχέδια, μελέτες περιπτώσεων, κτλ.

- Προνομιακή ή χαμηλού κόστους πρόσβαση στις υπάρχουσες υποδομές για πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων

- Υποχρεωτική διακυβέρνηση πολλαπλών ενδιαφερομένων με παρουσία ειδήμωνων χρηστών και εργασία στα σχέδια με ολοκληρωμένες ομάδες έργου.

- Ενθάρρυνση συμπράξεων δημόσιου-ιδιωτικού τομέα υποκινούμενες από τις βιομηχανίες.

- ***Στήριξη της ανάπτυξης των Έξυπνων πόλεων***

- Χρήση μέτρων για την τόνωση της ζήτησης για «έξυπνες λύσεις» σε επίπεδο πόλης. Τέτοια μέτρα είναι γνώριμα σε βιομηχανικές πολιτικές και πολιτικές καινοτομιών. Τα

πιο σχετικά είναι η υποστήριξη για επιχειρηματικά μοντέλα καινοτομιών, δημόσιες προμήθειες, καθορισμός πρότυπων ρυθμίσεων βασισμένες στις ανάγκες των έξυπνων πόλεων και η βελτίωση των ρυθμιστικών πλαισίων για να διευκολύνονται οργανισμοί και δίκτυα έξυπνων πόλεων και να ελαχιστοποιηθούν οι επιβαρύνσεις των τοπικών δοκιμαστικών εφαρμογών με τη χρήση καινοτόμων προσεγγίσεων.

- Η επιλεκτική χρήση ανεκτικής ρύθμισης ή/και προώθησης ενδιαφερόμενων για συμμετοχή σε πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων από τις ρυθμιστικές αρχές για να ενθαρρύνονται και να διευκολύνονται στο να προβούν στη συμμετοχή σε τέτοιες πρωτοβουλίες.

• ***Από Έξυπνες Πόλεις σε μια «Έξυπνη Ευρώπη»: αναπαραγωγή, κλιμάκωση και διάδοση-διασπορά οικοσυστημάτων***

- Η περιοδική αξιολόγηση της δυνατότητας κλιμάκωσης-επέκτασης και ο προσδιορισμός των εργαλείων και των δραστηριοτήτων που βελτιώνουν την διάδοση ορθών πρακτικών και λύσεων σε ευρωπαϊκή κλίμακα.

- Να περιλαμβάνονται οι Έξυπνες Πόλεις ως περιπτώσεις εφαρμογών μελλοντικών διαδικτυακών συμπράξεων δημόσιου-ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ) ή να συμμετέχουν ενδιαφερόμενοι Έξυπνων Πόλεων σε πιλοτικά έργα μεγάλης κλίμακας, οργανισμού τυποποίησης, κ.λπ. Η σύσταση αυτή θα αξιοποιούσε την συνεργία μεταξύ έξυπνων πόλεων και της Ευρωπαϊκής Κομισιόν στην ανάπτυξη λύσεων. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να υποστηριχθούν μικρές και τοπικές επιχειρήσεις συνδέοντάς τες με άλλες μορφές υποστήριξης SME (Beinrott, V., 2015).

- Επέκταση υποστήριξης για Έξυπνες Πόλεις και Κοινότητες - Ευρωπαϊκή Σύμπραξη Καινοτομίας. Μεγάλη επίδραση στην συνεργία μεταξύ πόλεων έχει το “Smart Cities and Communities – European Innovation Partnership (SCC-EIP)” που είναι μια πρωτοβουλία σύμπραξης που φέρνει σε επαφή πόλεις, βιομηχανίες και πολίτες για να βελτιώσει την αστική ζωή μέσω λύσεων που ενσωματώνουν την αειφόρο βιωσιμότητα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2015 γ). Η ΕΚ θα πρέπει να λάβει υπόψη την επιρροή της πρωτοβουλίας (SCC-EIP) και να εξετάσει την στήριξη και προώθησή της σε μεγαλύτερο βαθμό.

- Πρόσθετοι πόροι για μετάφραση και μεταφορά γνώσεων. Ευρωπαϊκοί κοινοτικοί πόροι πρέπει να διατίθενται για την διευκόλυνση της μετάφρασης και της μεταφοράς γνώσεων και εμπειριών έξυπνων πόλεων. Η απόκτηση γνώσης από δεύτερους κρύβει ρίσκα και αντικίνητρα. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα η ΕΚ μπορεί να χρησιμοποιήσει εργαλεία υπολογισμού του ρίσκου επένδυσης κεφαλαίων σε περίπτωση συμμετοχής ή να χρησιμοποιήσει άμεσες επιδοτήσεις για να ξεπεραστούν αρχικά οικονομικά εμπόδια και πιθανοί κίνδυνοι.

- Δημιουργία και ενθάρρυνση νέων δικαιωμάτων κυριότητας πνευματικής ιδιοκτησίας και μορφές συμβάσεων ειδικά για έξυπνες πόλεις. Σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και η διευκόλυνση στη διάδοση πρωτοβουλιών “Έξυπνων Πόλεων” ενθαρρύνοντας τη δημιουργία και κωδικοποίηση χρήσιμων



ανθρώπων και κοινωνικών εμπειριών σχετικά με κεφάλαια και επενδύσεις από “Έξυπνες Πόλεις”. Το ιδιαίτερο πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να αντιμετωπιστούν και να εξαλειφθούν εντάσεις που μπορούν να δημιουργηθούν μεταξύ της ουσιαστικής συνεργασίας και του συλλογικού χαρακτήρα των πρωτοβουλιών Έξυπνων Πόλεων με την ατομική φύση των οικονομιών και άλλων περιουσιακών δικαιωμάτων ή δικαιωμάτων ιδιοκτησίας.

## 2.2.4 Μετάβαση σε Έξυπνες Πόλεις

### 2.3.4.1 Κοινωνικοπολιτικές προκλήσεις

Οι στρατηγικές, που θα σχεδιάζονται για την δημιουργία και την μετάβαση σε «Έξυπνες Πόλεις» πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την ποικιλομορφία των πόλεων. Κάθε πόλη έχει διαφορετική αναπτυξιακή πορεία, διαφορετικό μέγεθος και άλλα δημογραφικά στοιχεία. Μεγάλο ρόλο στην διαμόρφωση παίζει και η πολιτιστική τους κληρονομιά, ο οικονομικός τους χαρακτήρας και τα περιουσιακά στοιχεία της κάθε πόλης. Σε κοινωνικοοικονομικό και πολιτιστικό επίπεδο αποτελεί πρόκληση αλλά και πηγή η αξιοποίηση του ποικιλόμορφου δυναμικού που διαθέτει η κάθε πόλη. Οι έξυπνες πόλεις οφείλουν να δημιουργήσουν μια ανθεκτική και χωρίς αποκλεισμούς οικονομία εξασφαλίζοντας ένα φιλικό περιβάλλον για όλες τις κοινωνικές ομάδες όπως είναι οι διάφορες γενεές ή οι εθνοτικές ομάδες. Ο αυξανόμενος χωροταξικός διαχωρισμός αποτελεί μείζων θέμα των περιφερειών και των πόλεων. Συναντάμε κέντρα φτώχειας και στέρησης μέχρι και στις πλουσιότερες ευρωπαϊκές πόλεις όπου ευάλωτες κοινωνικές ομάδες πλήττονται από την ενεργειακή φτώχεια, την χαμηλή ποιότητα ζωής και θέματα στέγασης. Η αξιοπρεπή διαβίωση για εκείνους που μένουν εκτός αγοράς εργασίας και η ένταξή τους στην κοινωνία, η ανεκτικότητα και ο σεβασμός χωρίς αποκλεισμούς είναι μέρος του προβλήματος της οικονομικής και κοινωνικής ανισότητας που καλείται να αντιμετωπίσει μια έξυπνη πόλη. Μέσα στις προκλήσεις αυτές είναι και η προσπάθεια της ενδυνάμωσης της οικογένειας και η αντιμετώπιση της υπογεννητικότητας. Η εξασφάλιση της αξιοποίησης του πλήρους δυναμικού των πόλεων ξεκινάει από την υποχρέωση για κατάρτιση στη χρήση νέων τεχνολογιών των πολιτών. Πολλές φορές στην πράξη φαίνεται να αδιαφορεί ο πολίτης για την σύμπραξη και συμβολή στη διαμόρφωση των έξυπνων πόλεων και στην αντιμετώπιση των κοινωνικών προβλημάτων που προκύπτουν. Αυτή η επιθυμία και ελκυστικότητα για συμμετοχή σε κοινωνικά θέματα και θέματα της πόλης εμφανίζεται κυρίως σε προβλήματα που συναντά ο πολίτης προσωπικά σε καθημερινή βάση όπως π.χ. η κίνηση ή θέματα σύνδεσης στα μέσα μαζικής μεταφοράς. Μια αφηρημένη πρόκληση και γενικότερη προσέγγιση των έξυπνων πόλεων είναι οι πολίτες να αναπτύξουν ένα ενδιαφέρον για την συμμετοχική διαμόρφωση του τόπου τους. Για αυτόν τον λόγο υπάρχει η ανάγκη για αλλαγή στην νοοτροπία στη διαχείριση και στη πολιτική σε σχέση με την συμμετοχή των πολιτών και η ανάγκη των πολιτών να ασχοληθούν με την τεχνολογία που τους δίνει την δυνατότητα αυτή. Γενικότερα μπορεί να

αναπτύσσονται εντάσεις μεταξύ διαφορετικών συμφερόντων για τις οποίες οφείλει η πόλη να βρίσκει «έξυπνες λύσεις» κατά την μετατροπή της σε έξυπνη πόλη (Beinrott, V., 2015).

#### 2.3.4.2 Οικονομικές προκλήσεις

Η έλλειψη οικονομικών πόρων, η μη αποδοτική φορολογία, η αδύναμη ρυθμιστική ισχύς και το ανεπαρκές ενδογενές αναπτυξιακό δυναμικό εμποδίζουν την μετάβαση πολλών πόλεων προς μια αρμονική και βιώσιμη ανάπτυξη εξαιτίας της εφαρμογής ενός πιο άμεσου μοντέλου ανάπτυξης που βασίζεται στην ελκυστικότητα και όχι στην αειφόρο και πράσινη ανάπτυξη. Η οικονομία μίας έξυπνης πόλης στηρίζεται στην συνεργασία και σύμπραξη των επιχειρήσεων και άλλων φορέων οι οποίοι όμως μπορεί να βρίσκονται σε άμεσο ανταγωνισμό. Θα πρέπει να γίνει διαπραγμάτευση για επίτευξη συμβιβασμού ανταγωνιστικών στόχων από τους φορείς αυτούς αλλά και γενικότερα συμβιβασμός μεταξύ αμοιβαία αντιμαχόμενων αναπτυξιακών μοντέλων για να υπάρξει θεμιτή εξέλιξη για όλους τους φορείς χωρίς αποκλεισμούς. Στις οικονομικές προκλήσεις ανήκει και η ανάγκη για εύρεση χρηματοδοτικών εργαλείων και μοντέλων τα οποία θα καλύψουν τις όποιες κεφαλαιακές απαιτήσεις χρειαστούν. Τέτοιες είναι κεφάλαια για τεχνολογικές επενδύσεις που στηρίζουν την ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων ή ανάγκες για αναδιοργάνωση σε κρατικούς ή δημόσιους τομείς. Και για της επιχειρήσεις η μεταβολή και αναδιάρθρωση προς έξυπνα συστήματα σημαίνει επένδυση κεφαλαίων σε αρχικό στάδιο το οποίο όμως θα καρποφορήσει μακροπρόθεσμα.

#### 2.3.4.3 Τεχνολογικές Προκλήσεις

Ο αριθμός των διασυνδεδεμένων “πραγμάτων” ή αλλιώς το “Διαδίκτυο των πραγμάτων” με το οποίο επικοινωνούν οι συσκευές (Machine to Machine – M2M) ολοένα αυξάνεται και εμφανίζεται σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Σε αυτές τις συσκευές στηρίζονται και πολλές εφαρμογές και συστήματα έξυπνων πόλεων. Όλες αυτές οι εφαρμογές απαιτούν ένα δίκτυο το οποίο είναι συνέχεια διαθέσιμο και «γνωρίζει» τι συμβαίνει. Πώς μπορούν τα σημερινά δίκτυα να το υποστηρίξουν αυτό; Η συνοχή και η χωρητικότητα είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια των συστημάτων και των δεδομένων. Η σταθερή ποιότητα υπηρεσιών και η συνεχής μετάδοση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο εγγυούνται την αξιόπιστη λειτουργία των δικτύων και των συστημάτων και άρα των έξυπνων πόλεων ευρύτερα. Η παροχή ελεύθερης πρόσβασης στο διαδίκτυο για όλους και η ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων αποτελούν άλλες δύο προκλήσεις που καλείτε να λάβει υπόψη μία πόλη κατά την μετάβασή της. Όλες αυτές οι πληροφορίες που δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται από τις έξυπνες πόλεις πρέπει πρώτα να περάσουν από μια αξιολόγηση και ανάλυση, δημιουργώντας έτσι κάποια ερωτήματα για τα δεδομένα αυτά που πρέπει να απαντηθούν. Ποια δεδομένα είναι χρήσιμα; Ποια δεδομένα είναι διαθέσιμα; Τι περιεχόμενο

έχουν αυτά τα δεδομένα; Κάποιες φορές δεν θέλεις να ξέρεις το περιεχόμενο των δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν. Μπορούμε να εμπιστευτούμε αυτά τα δεδομένα; Και τελικά δεδομένα χάνονται και εύκολα. Όλες αυτές οι ερωτήσεις είναι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να είναι επιτυχής η μετάβαση από μια πόλη σε μια “έξυπνη πόλη”.

#### 2.3.4.4 Περιβαλλοντικές Προκλήσεις

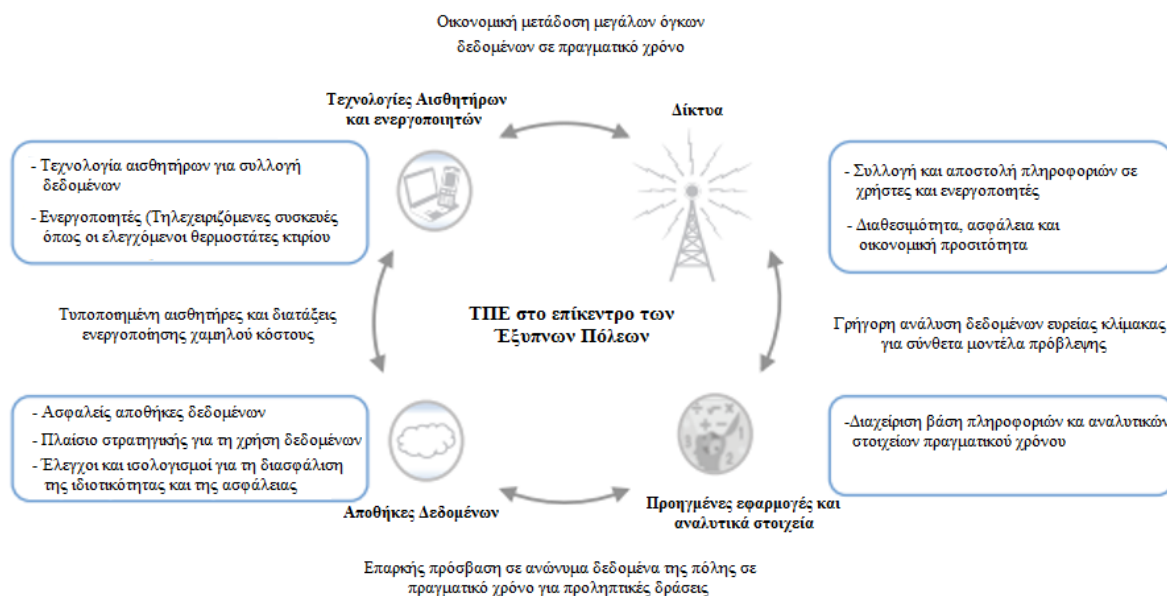
Κάθε πόλη είναι δομημένη με βάση τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στον τόπο αυτό. Έτσι και στις έξυπνες πόλεις πρέπει να αντιληφθούμε την μοναδικότητα του φυσικού περιβάλλοντος στην εκάστοτε περίπτωση και να την αξιοποιήσουμε προς όφελός μας ενισχύοντας την εξοικονόμηση ενέργειας. Κάποιες πρωτοβουλίες ή συστήματα ίσως χρειαστούν αναπροσαρμογή για τα κλιματικά δεδομένα ή πρέπει να επαναπροσδιορισθούν ώστε να αντιμετωπιστούν άλλοι περιορισμοί που εξαρτώνται από τον φυσικό χαρακτήρα της πόλης.

### 2.3 Σχεδιασμός Έξυπνων Πόλεων

#### 2.3.1 Υποδομές Έξυπνων Πόλεων

Οι Υποδομές μιας πόλης περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, στέγαση, υγιεινή, ύδρευση και αποχέτευση, παροχή και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος, μεταφορά, διαχείριση αποβλήτων, πληροφοριών και επικοινωνίας. Υποδομές που βρίσκουν χρήση σε έξυπνες πόλεις διαφοροποιούνται από την παραδοσιακή αστική υποδομή μέσω της ικανότητάς τους να ανταποκρίνονται “έξυπνα” σε αλλαγές του περιβάλλοντός τους. Τα έξυπνα συστήματα χρησιμοποιούν βρόχους ανατροφοδότησης από δεδομένα τα οποία παρέχουν μια βάση πληροφόρησης για την λήψη αποφάσεων. Παρέχουν τα θεμέλια για τους έξι βασικούς άξονες που καθορίζουν μια έξυπνη πόλη, δηλαδή την “Έξυπνη Οικονομία”, τις “Έξυπνες Μεταφορές”, το “Έξυπνο Περιβάλλον”, τους “Έξυπνους Ανθρώπους”, την “Έξυπνη Διαβίωση” και την “Έξυπνη Διακυβέρνηση” (United Nations Commission on Science and Technology for Development, 2016). Σκοπός είναι η σύνδεση φυσικών υποδομών μέσω διαδικτύου μετάδοσης υψηλής χωρητικότητας και ταχύτητας σε συνδυασμό με τεχνολογίες και συστήματα αυτόματου προσδιορισμού με μια σειρά από συσκευές, λογισμικά, πλατφόρμες και τεχνολογίες δικτύων. Τα συστήματα αυτά μπορούν να παρακολουθούν, να αναλύουν, να επικοινωνούν και να δράσουν με βάση τις πληροφορίες που συλλέγουν διάφοροι αισθητήρες.

**Στοιχεία Υποδομών ΤΠΕ που χρειάζονται σε Έξυπνες Πόλεις**



Σχήμα 2.8 “Στοιχεία Υποδομών ΤΠΕ, που χρειάζονται σε Έξυπνες Πόλεις” (World Economic Forum, 2015)

Τέτοιες υποδομές είναι υποδομές ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφορίας και Επικοινωνιών), έξυπνα κτίρια, έξυπνα δίκτυα, υποδομές ενέργειας, υποδομές έξυπνης κίνησης και συστήματα αστικής μετακίνησης, συστήματα στάθμευσης αυτοκινήτων, έξυπνες λύσεις μεταφορών με ποικίλους τρόπους, υποδομές όπως γέφυρες, ποδηλατοδρόμους και χώρους στάθμευσης για ποδήλατα, έξυπνος φωτισμός, πλατφόρμες πληροφοριών της πόλης, συστήματα αξιοποίησης και αποθήκευσης θερμότητας που απάγεται και διαφεύγει κατά τη διάρκεια διάφορων διεργασιών, έξυπνη διαχείριση αποβλήτων, έξυπνη υγειονομική περίθαλψη κ.ά. (Market Place of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities, 2016). Τα συστατικά και υποσυστήματα των υποδομών έξυπνων πόλεων είναι εξαρτημένα και εξειδικευμένα για τις ανάγκες τις εκάστοτε πόλης με συγκεκριμένο τρόπο που να περιορίζει την φύση τους στο επίπεδο ανάπτυξης της πόλης και στις ειδικές αναπτυξιακές προκλήσεις της (United Nations Commission on Science and Technology for Development, 2016). Οι βασικές αρχές που διέπουν τις υποδομές έξυπνων πόλεων είναι τα δεδομένα, η ανάλυση, η ανατροφοδότηση και η ικανότητα προσαρμογής. Η εφαρμογή υποδομών έξυπνων πόλεων στους διάφορους τομείς της κοινωνίας θα επιφέρει μια τεράστια παραγωγή δεδομένων, των οποίων η αξία θα αυξάνεται ολοένα. Η σωστή επιλογή των εν λόγω δεδομένων, η προσεκτική συγχώνευση και η ερμηνεία μέσα από ισχυρά μαθηματικά μοντέλα θα παρέχουν ιδιαίτερα αξιόπιστα εργαλεία λήψης αποφάσεων προς όφελος ατόμων, οργανισμών και κυβερνήσεων. Η ανατροφοδότηση μέσω βρόχων ανάδρασης δεδομένων είναι θεμελιώδους σημασίας για κάθε έξυπνο σύστημα ώστε να αυξήσει την απόδοσή του και να βελτιώσει τον τρόπο λειτουργίας του. Η ικανότητα ενός έξυπνου συστήματος να απορροφήσει μελλοντικές τεχνολογίες και να ανταποκριθεί σε μελλοντικές ανάγκες και στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και όρους του δίνει την δυνατότητα να αναπροσαρμοστεί με πολύ χαμηλότερα

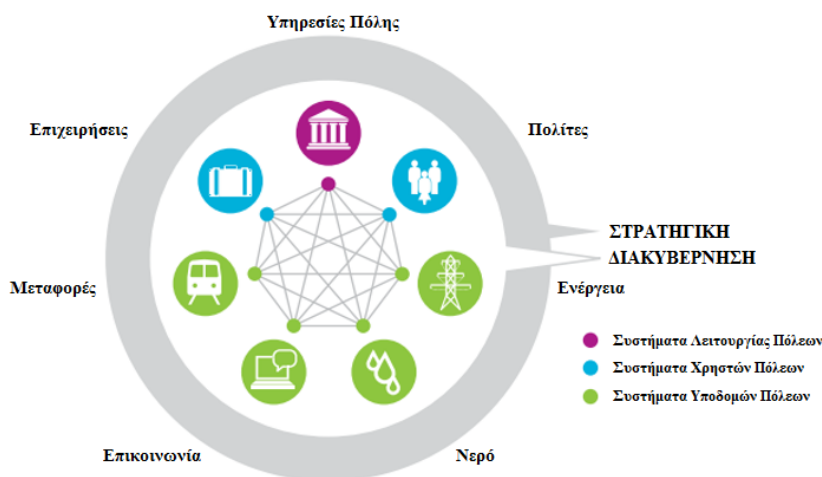
κοστολόγια και με πολύ λιγότερες ανάγκες επανασχεδιασμού σε μικρό χρονικό διάστημα. Ήδη τα συστήματα εξοπλίζονται με πληθώρα επιπλέον επιλογών και δυνατοτήτων για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν σε πιθανές διαπλοκές και πιθανά μελλοντικά ζητήματα (The Royal Academy of Engineering, 2012).

### 2.3.2 Συντονισμός, Επικοινωνία και Διασύνδεση

Μια έξυπνη πόλη κάνει βέλτιστη χρήση όλων των διασυνδεδεμένων διαθέσιμων πληροφοριών για την καλύτερη κατανόηση και τον καλύτερο έλεγχο των δραστηριοτήτων της ώστε να μεγιστοποιήσει την απόδοση της χρήσης των περιορισμένων πόρων. Ο συντονισμός, η επικοινωνία και η διασύνδεση παίζουν σημαντικό ρόλο κατά αυτήν την διαδικασία. Η επικοινωνία και η διασύνδεση επιτρέπουν τον συντονισμό από ιδέες, μελέτες-project, ενδιαφερόμενους φορείς και άλλους μετέχοντες που έχουν όφελος από πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων. Ο συντονισμός των φορέων που συμμετέχουν μπορεί να γίνει προς δύο κατευθύνσεις, είτε από πάνω προς τα κάτω, δηλαδή από δημόσιους και κρατικούς φορείς προς τους πολίτες, ενισχύοντας την οργάνωση ή από κάτω προς τα πάνω ενισχύοντας την συμμετοχή του πολίτη στην διακυβέρνηση (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2014). Οι ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών) καθιστούν δυνατή την δημιουργία από ψηφιακές πλατφόρμες μέσω των οποίων υλοποιούνται δίκτυα πληροφοριών και γνώσεων. Αυτές οι πλατφόρμες όχι μόνο διευκολύνουν την συγκέντρωση πληροφοριών της πόλης για την ανάλυση των δεδομένων, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη κατανόηση για το πώς λειτουργεί η πόλη. Δημόσιοι φορείς και οργανισμοί δύναται να παρέχουν εξυπνότερες υπηρεσίες και να συντονίζονται καλύτερα για την επίλυση των αναγκών των πολιτών και της πόλεως. Νέα συστήματα δεδομένων και διασύνδεσης θα εξυπηρετούνται με τη χρήση ασύρματων δικτύων και καινούργιων τεχνολογιών Ethernet ενισχύοντας την έξυπνη μέτρηση και τα έξυπνα δίκτυα. Τα συστήματα αυτά προσδιορίζονται από 5 χαρακτηριστικά, την προσαρμοστικότητα, την δυνατότητα πρόβλεψης, την πληρότητα, την δυνατότητα αντίδρασης και από την συνεχής βελτίωσή τους. Στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών προβλέπεται γενικότερη διείσδυση κινητών συσκευών στην καθημερινή χρήση όπως για τραπεζικές συναλλαγές και μεταφορές χρησιμοποιώντας ένα είδος “έξυπνου χρήματος” και παράλληλα απαλλάσσοντάς μας από την χρήση χαρτονομισμάτων. Αυτό ισχύει και γενικότερα για την διασύνδεση των πολιτών με δημόσιους φορείς όπου με τη χρήση των νέων τεχνολογιών μπορεί να γίνονται η διαδικασίες ηλεκτρονικά και να μειωθούν σημαντικά οι χρήσεις χαρτιών συνεισφέροντας έτσι στην προστασία του περιβάλλοντος. Άλλο ένα σύστημα διασύνδεσης που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την σύγχρονη κοινωνία δεδομένου ότι ο μέσος όρος ηλικίας αυξάνεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια είναι στα συστήματα υγιεινής όπου θα ενσωματώνονται συστήματα μέτρησης ζωτικών λειτουργιών με δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης ιατρών και νοσοκομείων, και δυνατότητα ανάλυσης και διάγνωσης από απόσταση.

### 2.3.3 Σύγχρονη Διακυβέρνηση και Πολιτική

Οργανωτικές αλλαγές σε κυβερνήσεις και μάλιστα γενικότερα στην κοινωνία είναι εξίσου σημαντικές. Δείκτες μιας έξυπνης διακυβέρνησης είναι η συμμετοχή των πολιτών σε αποφάσεις, υπηρεσίες για το κοινό και διαφάνεια της κρατικής παρέμβασης. ‘‘Σύγχρονη’’ γίνεται μέσω της αποπεράτωσης των δημόσιων και κυβερνητικών εγχειρημάτων και διαδικασιών με την βοήθεια έξυπνα διασυνδεδεμένων πληροφοριακών και επικοινωνιακών ψηφιακών συστημάτων (Government 2020, 2015). Η έξυπνη διακυβέρνηση εκτίνεται σε όλα τα επίπεδα μιας πόλης συμπεριλαμβάνοντας δημόσιες, ιδιωτικές, πολιτικές και ευρωπαϊκές κοινοτικές οργανώσεις ενσωματώνοντας υπηρεσίες και αλληλεπιδράσεις με σκοπό την αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία των πόλεων. Πολλά συστήματα διακυβέρνησης εφαρμόζουν ήδη την τεχνολογία για να συλλέξουν και να αποθηκεύσουν πληροφορίες αλλά υστερούν στην διασύνδεση με άλλες υπηρεσίες και πλατφόρμες πληροφοριών με αποτέλεσμα την απομόνωσή τους. Χρειάζεται ένας οριζόντιος συντονισμός μεταξύ των διάφορων τμημάτων μιας κυβέρνησης και συνεργασία μεταξύ των διοικητικών και διαχειριστικών στρωμάτων. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την χρήση των ΤΠΕ που ενεργοποιούνται από ‘‘έξυπνες’’ διαδικασίες και πρωτοβουλίες επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ οργανισμών, φορέων και κυβερνήσεων τόσο σε επίπεδο πόλης όσο και σε εθνικό και διεθνή επίπεδο. Οι νέες μορφές οριζόντιας συνεργασίας που προκύπτουν μεταξύ των διάφορων επιπέδων διακυβέρνησης οδηγούν με αυτόν τον τρόπο σε πολυεπίπεδες διακυβερνήσεις, δίνοντας έτσι στις πόλεις μεγαλύτερη ελευθερία (IBM Institute for Business Value, 2009).



Πηγή: Κέντρο IBM για την ανάλυση της οικονομικής ανάπτυξης

Τα συστήματα των πόλεων και οι αλληλεξαρτήσεις τους στο ευρύτερο πλαίσιο της στρατηγικής και της διακυβέρνησής τους

Σχήμα 2.9 ‘‘Συστήματα των Πόλεων και οι Αλληλεπιδράσεις τους, μέσα σε ένα μεγαλύτερο Πλαίσιο της Στρατηγικής και της Διακυβέρνησης μιας Πόλης’’ (IBM Institute for Business Value, 2009)

Οι χρήσεις και οι εφαρμογές των κυβερνήσεων, που κάνουν εκτεταμένη χρήση της τεχνολογίας όπως ΤΠΕ, ΣΥΑ, ηλεκτρονικές υπηρεσίες και εφαρμογές για την διαδραστική ενεργοποίηση του πολίτη και άλλων φορέων στην κυβέρνηση, ονομάζονται και e-government. Οι οργανώσεις μπορούν πλέον να επιλέγουν πολλά επίπεδα συνεργασίας και υποστήριξης. Στόχος δεν είναι μόνο η διαφάνεια και η καλύτερη διακυβέρνηση αλλά η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση και βελτίωση και ας είναι σε μερικές περιπτώσεις ακριβότερες βραχυπρόθεσμα οι “έξυπνες” προτάσεις από τις συμβατικές. Η σύγχρονη διακυβέρνηση και πολιτική δεν συναντάτε μόνο στις ολοκληρωμένες έξυπνες πόλεις αλλά αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο κατά τον σχεδιασμό των έξυπνων πόλεων και κατά την μετατροπή μιας πόλης σε έξυπνη πόλη. Όπως αναλύθηκε και παραπάνω στον συντονισμό, μια σύγχρονη διακυβέρνηση κινείται σε δύο κατευθύνσεις, από πάνω προς τα κάτω δηλαδή δίνοντας οδηγίες και υποστηρίζοντας τους πολίτες παρέχοντας έτσι οργάνωση και από την άλλη από κάτω προς τα πάνω όπου οι πολίτες συμμετέχουν ενεργά στην διακυβέρνηση και στην πολιτική προσεγγίζοντας τα πολιτικά δρώμενα. Η επιτυχής εξισορρόπηση των δυο ροών επιτρέπει την μέγιστη αξιοποίηση της συνέργειας μεταξύ των διάφορων συμμετεχόντων όπως είναι τα πανεπιστήμια, ο ιδιωτικός τομέας, η αστική κοινωνία και οι τοπικές και δημοτικές αρχές (United Nations Commission on Science and Technology for Development, 2016).

#### 2.3.4 Ενεργή συμμετοχή και διαδικτυακή Επικοινωνία

Η εξασφάλιση της συμμετοχής όλων των κοινωνικών ομάδων και γενικότερα όλων των πολιτών και η προώθηση της συμμετοχικότητας αποτελεί μέρος του σχεδιασμού των έξυπνων πόλεων. Ήδη αναλύσαμε ότι στην σύγχρονη διακυβέρνηση ο πολίτης πρέπει να συμμετέχει ενεργά στον καθορισμό και στην εφαρμογή των πολιτικών σχεδίων, η ανάμιξη του όμως δεν περιορίζεται εκεί. Η αειφόρος ανάπτυξη, η αλλαγή του τρόπου ζωής και η προστασία του περιβάλλοντος δεν είναι μόνο ζήτημα τεχνολογικών εφαρμογών και ρυθμιστικών πλαισίων αλλά απαιτεί την υιοθέτηση μιας “έξυπνης” νοοτροπίας και την θέληση για αλλαγή. Η υιοθέτηση συμπεριλαμβάνει δράσεις όπως “έξυπνη” διαχείριση αποβλήτων, χρήση εναλλακτικών μέσων όπως ποδήλατα, συγκοινωνίες ή ομαδικές χρήσεις ενός αυτοκινήτου για εξυπηρέτηση πολλών ατόμων, κ.ά. Ένα καλό παράδειγμα διαχείρισης αποβλήτων είναι η Σουηδία όπου ταξινομούν, χωρίζουν, ανακυκλώνουν και αποτεφρώνουν τα σκουπίδια χρησιμοποιώντας πάνω από 90% των άχρηστων απορριμμάτων για ενεργειακά προγράμματα (Independent, 2016). Το κλειδί για αυτήν την επιτυχία είναι από την μια τεχνικές διαχείρισης και τεχνολογίες αυτοματισμού και από την άλλη πολιτικές που εφαρμόζονται αυστηρά από τους πολίτες. Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν στους πολίτες και στις κοινότητες την εισαγωγή, διαχείριση και προσαρμογή δεδομένων, μέσω των κατάλληλων εργαλείων ανάλυσης και επεξεργασίας στοιχείων, για να πάρουν αποφάσεις και να δημιουργήσουν προϊόντα και υπηρεσίες. Η “Έξυπνη Διαβίωση/Ζωή” που χαρακτηρίζει τους πολίτες των έξυπνων πόλεων μεταφράζεται εν ολίγοις στο στυλ ζωής (Life-styl), στην

συμπεριφορά και στην κατανάλωση που καθιστούν δυνατά οι ΤΠΕ συνδυάζοντας μια υγιή και ασφαλή ζωή σε μια πολιτιστικά ζωντανή πόλη με ποικίλες πολιτιστικές εγκαταστάσεις και κοινωνική συνοχή (United Nations Commission on Science and Technology for Development, 2016).



## Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση Εργαλείων

### Εισαγωγή

Η παρακολούθηση, ο έλεγχος εξ' αποστάσεως και ο αυτοματισμός βρίσκουν ολοένα μεγαλύτερη εφαρμογή στα καινούργια ενεργειακά συστήματα που εφαρμόζονται σε βιομηχανίες, ιδιωτικές κατοικίες και δημόσια κτίρια διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την συνεργασία και αλληλεπίδραση μεταξύ των καταναλωτών, των γεννητριών και των δικτύων (The Royal Academy of Engineering, 2012). Η ενεργειακή διαχείριση αποτελεί μείζον θέμα για τους σχεδιαστές έξυπνων πόλεων, λόγω της υψηλής πολυπλοκότητας των ενεργειακών συστημάτων και του ζωτικού ρόλου τους για την λειτουργία των αστικών κέντρων.

Η εξέλιξη στον ενεργειακό τομέα κατευθύνεται και στηρίζεται σε μια σειρά από σημαντικές μεθόδους-μεθοδολογίες. Από τις πρώτες μεθόδους που εμφανίζονται είναι η ανάδειξη του ενεργειακού σύννεφου όπου αντικαθίσταται η κεντρική παραγωγή και διανομή ενέργειας από ένα δυναμικό δίκτυο ενεργειακών υποδομών παραγωγής, το οποίο με την σειρά του, ενσωματώνει, στις κεντρικές παραδοσιακές παραγωγικές μονάδες, μικρά συστήματα πηγών ενέργειας, όπως είναι και οι ΑΠΕ. Ως δεύτερη και σημαντική μέθοδος παρουσιάζεται η μετάβαση από την χρήση ορυκτών καυσίμων στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενισχύοντας ταυτόχρονα την αντικατάσταση της κεντρικής παραγωγής από εναλλακτικές πηγές και εφόσον υπάρχουν πολλές δυνατότητες μικρών εγκαταστάσεων παραγωγής βασισμένες σε ηλιακή ενέργεια, σε αιολική ενέργεια, σε καύση βιομάζας, γεωθερμία κ.ά. Τέλος, η τρίτη μέθοδος αφορά την ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών έξυπνων δικτύων, τα οποία έχουν την δυνατότητα απορρόφησης των εναλλακτικών παραγωγικών μέσων και διαχειρίζονται την παραγωγή, ζήτηση και διανομή με αποδοτικότερο τρόπο (Woods, E., 2016).

Οι μέθοδοι, που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, αποτελούν αυτόματα και αλλαγές για τον τομέα της ενέργειας, οι οποίες στοχεύουν μαζικά στην υποστήριξη των πόλεων να δράσουν και συγκεκριμένα να ταυτιστούν και να βιώσουν τις σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας και της οικονομίας. Ο τελικός στόχος είναι η παροχή μιας καλύτερης ποιότητας ζωής στους πολίτες, η αντιμετώπιση των αστικών προκλήσεων ενέργειας, η αιεφόρος ανάπτυξη και προστασία του περιβάλλοντος, η εξασφάλιση ενεργειακών πόρων και η βέλτιστη χρήση της ενέργειας χωρίς σπατάλες. Χρήσιμα εργαλεία-συντελεστές στα παραπάνω αποτελούν τα ΤΠΕ, το διαδίκτυο των πραγμάτων καθώς επίσης και τα εργαλεία συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, τα οποία είναι ενσωματωμένα σε ολοκληρωμένα συστήματα και μοντέλα «έξυπνου» ενεργειακού σχεδιασμού.

Πέρα από την διασύνδεση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που χαρακτηρίζουν τις υποδομές των πόλεων είναι σημαντική και η αναφορά και ανάλυση εκείνων των μεθοδολογιών, εργαλείων και τεχνολογιών που εφαρμόζονται στις ίδιες τις υποδομές έτσι ώστε να είναι ενεργειακά αποδοτικότερες. Η σημασία που κατέχει ο ρόλος της ενεργειακής αποδοτικότητας για τις πόλεις προκύπτει και από τις επενδύσεις που πραγματοποιούνται σε

αυτόν τον τομέα, όπως προβλέπεται από την έκθεση της Technavio (Technavio, 2016), σύμφωνα με την οποία μέχρι το 2020 η αξία του παγκόσμιου βιομηχανικού τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας θα αγγίζει το ποσό των \$ 10,18 δις. (Energy Manager Today, 2016). Μεγάλο μερίδιο των συγκεκριμένων επενδύσεων, αφορά τον κτιριακό τομέα, που ευθύνεται για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι λύσεις στο παρόν ζήτημα αφορούν από την μία την καλύτερη διαχείριση και χρήση των κτιρίων και από την άλλη τις κατασκευαστικές ιδιότητες αλλά και την χρήση αποδοτικότερων υλικών. Οι εφαρμογές αυτές σε συνδυασμό με ευφυείς ΤΠΕ ενσωματωμένες σε έξυπνα δίκτυα, τα οποία με την σειρά τους μπορούν να διαχειριστούν τις υποδομές συνολικά, εναρμονίζουν την ανάπτυξη του κτιριακού τομέα με την αειφόρο στρατηγική ανάπτυξης των έξυπνων πόλεων. Επιπλέον γίνεται προσπάθεια στα ολοκληρωμένα αυτά συστήματα να προστεθούν και τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών που καλύπτουν εν μέρει τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων με σκοπό την απεξάρτηση από κεντρικές παραγωγικές μονάδες και εν τέλει την αυτάρκεια. Η συσσώρευση όλων αυτών των συστημάτων, πληροφοριών και δεδομένων σε συνάρτηση με την βέλτιστη διαχείριση ενάγουν την ανάγκη για σχεδιασμό και χρήση Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) δίνοντας στους ενεργειακούς διαχειριστές τις κατάλληλες προϋποθέσεις επίτευξης των στόχων που θέτουν οι “έξυπνες πόλεις” για τις “έξυπνες υποδομές” τους.

Παρακάτω θα αναφέρουμε τρία εργαλεία και εφαρμογές έξυπνων πόλεων που αφορούν όλα τα επίπεδα ενεργειακού σχεδιασμού που έχουν αναπτυχθεί από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και πιο συγκεκριμένα από τον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Οι μεθοδολογίες και τα εργαλεία που θα παρουσιάσουμε αφορούν συστήματα ενεργειακής διαχείρισης, τα οποία διαχωρίζονται σε συστήματα που επιδρούν στο κατασκευαστικό επίπεδο και σε συστήματα που διαμορφώνουν τις λειτουργίες βελτιστοποίησης ενεργειακών συστημάτων. Τα εργαλεία είναι το e-SCEAF, το TCV και το BEMAT. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε την λειτουργία τους σε πέντε κτήρια σαν πιλοτική εφαρμογή. Αρχικά θα γίνει η εφαρμογή του e-SCEAF, στο οποίο θα αναλυθεί, αξιολογηθεί και τέλος θα παρουσιαστεί η ενεργειακή απόδοση και η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Σε επόμενο στάδιο, θα γίνει εφαρμογή των εργαλείων TCV και BEMAT, με στόχο την αναβάθμιση της διαχείρισης των κτιρίων αλλά και την βελτίωση της ενεργειακής τους αποδοτικότητας. Τέλος, θα ακολουθήσει μια δεύτερη εφαρμογή του εργαλείου e-SCEAF και θα πραγματοποιηθεί μια σύγκριση των αποτελεσμάτων πριν και μετά την εφαρμογή των εργαλείων, έτσι ώστε να αναδειχθεί η επιρροή και η διαφορά στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων.

Η πιλοτική εφαρμογή πραγματοποιείται σε πέντε δημοτικά κτίρια, τα οποία είναι: το Σχολείο “Savona Colombo-Pertini” και η Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus” της Ιταλίας, το Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Town Hall” και το Θέατρο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Theatre” της Ισπανίας και τέλος το Δημαρχείο Ζάανσταντ “Zaanstad Town Hall” της Ολλανδίας.

### 3.1 Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF)

#### 3.1.1 Εισαγωγή e-SCEAF

Η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου ή μιας πόλης γίνεται μέσω του Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF). Το εργαλείο αυτό συλλέγει δεδομένα, που σχετίζονται με την βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης, την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την εξοικονόμηση κεφαλαίων και τα αναλύει προκειμένου να αξιολογηθεί η απόδοση της πόλης σε τρεις βασικούς άξονες, λαμβάνοντας υπόψη πολλαπλές ετερογενείς μεταβλητές και χαρακτηριστικά. Η αξιολόγηση αυτή προσφέρει ένα συνεκτικό σύνολο 21 δεικτών, δομημένων στους εξής τρεις άξονες: ‘‘Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας’’ (Political Field of Action), ‘‘Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ’’ (Energy and Environmental Profile) και ‘‘Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ’’ (Related ICT and Infrastructures). Οι τιμές των δεικτών είναι είτε αριθμητικές και κυμαίνονται από 0 έως 1 ή ποιοτικές, όπως low, medium και high. Κάθε άξονας μπορεί να περιγραφεί περαιτέρω από έναν ή περισσότερους δείκτες.

Πιο συγκεκριμένα, παρακάτω υπάρχει μια σύντομη περιγραφή των τριών αξόνων του e-SCEAF:

- Ο άξονας ‘‘Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας’’ καλύπτει αρκετά πεδία δραστηριοτήτων, που αφορούν στην υλοποίηση και αξιολόγηση των στόχων που έχουν τεθεί. Αρχικά προσπαθεί να δώσει απάντηση και να εμφανίσει τον βαθμό στον οποίο η πόλη είναι φιλόδοξη, από την άποψη ενέργειας, περιβαλλοντικών δεσμεύσεων και στόχων, και κατά πόσο οι στόχοι αυτοί εκπληρώνονται αποτελεσματικά. Επίσης, προσπαθεί να δώσει μια σαφή εικόνα αξιολόγησης της πόλης σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων. Λαμβάνει υπόψη τόσο τους στόχους που έχουν τεθεί από τους δήμους, όσο και τις προσπάθειες που έχουν καταβληθεί μέχρι σήμερα για την επίτευξη αυτών. Αξιολογεί την αποτελεσματικότητα της πόλης στην εκπλήρωση των στόχων που έχει θέσει για το 2020, υπολογίζοντας το ποσοστό και το ρυθμό πραγματοποίησης, σχετικά με το έτος που εφαρμόζεται το εργαλείο. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζει, ότι η υψηλή βαθμολογία στην αξιολόγηση της κάθε πόλης θα προέρχεται όχι μόνο από την θέσπιση και την θεωρητική ύπαρξη των στόχων αλλά και από την προσπάθεια έμπρακτης υλοποίησης τους. Τέλος, ο άξονας ‘‘Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας’’ λαμβάνει υπόψιν τους πόρους που διατίθενται για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και για ενεργειακή απόδοση.
- Ο άξονας ‘‘Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ’’ αφορά με την σειρά του σε θέματα που άπτονται της ενέργειας. Σε πρώτο στάδιο, αφορά το πόσο ενεργειακά αποδοτική είναι η πόλη, λαμβάνοντας υπόψη τις ΑΠΕ, τα εργοστάσια ΣΗΘ, την αποθήκευση ενέργειας, τα επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub> και το ενεργειακό μείγμα, και την αξιολογεί σύμφωνα με τα επίπεδα των ενεργειακών καταναλώσεων και των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η ενέργεια που παράγεται μέσω ΑΠΕ και εργοστασίων ΣΗΘ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αξιολόγησης, ενώ παράλληλα διερευνώνται οι ικανότητες αποθήκευσης ενέργειας, τα επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub> και το ενεργειακό μείγμα του κτιρίου.

- Ο άξονας “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ”, τέλος, κρίνει το επίπεδο διεύθυνσης των λύσεων ΤΠΕ, των συστημάτων αυτοματισμών και των συστημάτων παρακολούθησης και πρόληψης στα κτίρια του δήμου. Επίσης, εξετάζει την εκμετάλλευση των καιρικών συνθηκών και της πρόβλεψης της ενεργειακής κατανάλωσης, την χρήση των μέσων μαζικής ενημέρωσης στην ανάπτυξη των σχεδίων δράσης καθώς και την μείωση του κόστους λόγω καλύτερης διαχείρισης (π.χ. μέσω της επίτευξης χαμηλότερων τιμών ενέργειας και της εναλλαγής μεταξύ διαφορετικών παρόχων ενέργειας).

Το e-SCEAF αποτελεί το αντίστοιχο διαδικτυακό εργαλείο που εφαρμόζει το SCEAF πλαίσιο, έχει αναπτυχθεί σε PHP, MySQL και JavaScript και παρέχει στους ενεργειακούς διαχειριστές μια πλατφόρμα για την αξιολόγηση της απόδοσης της πόλης στο σύνολό της ή για κάθε κτίριο της ξεχωριστά, από την άποψη της ενεργειακής βελτιστοποίησης, της μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και της ελαχιστοποίησης του κόστους ενέργειας. Η χρήση του έγκειται στην είσοδο των δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό του κάθε δείκτη μέσω ενός on-line ερωτηματολογίου. Αποτελεί μια ενημερωμένη έκδοση του OMIMS (Online Multidisciplinary Information Management Software), δηλαδή ενός cross-platform web based εργαλείο λογισμικού, που είναι σε θέση να αξιολογήσει μη-ομογενείς μεταβλητές σε ένα περιβάλλον “έξυπνης πόλης”. Για την εφαρμογή του SCEAF επιλέχθηκε το μοντέλο 2-Tuple, ένα μοντέλο έκφρασης, που αποτελείται από ένα γλωσσικό όρο και μια αριθμητική τιμή εκτιμημένη σε [-0.5, 0.5], όπως ορίζεται από Herrera, F. et al. three phases of aggregation process (τρεις φάσεις της διαδικασίας συσσωμάτωσης) (F.Herrera, et al., 2005) για το μετασχηματισμό των ετερογενών πληροφοριών σε γλωσσικές τιμές, το οποίο προσαρμόστηκε κατάλληλα για ενεργειακές εφαρμογές από τον Χ. Δούκα (Doukas, H., 2013). Οι τρεις φάσεις διαχείρισης των ετερογενών δεδομένων είναι η ενοποίηση των μη ομογενών πληροφοριών σε ένα γλωσσικό τομέα, η συγχώνευση των προτιμώμενων τιμών, που αφορά στους υπολογισμούς, που πραγματοποιούν οι διαδικασίες CW(Computing with Words) και τέλος, η μετατροπή σε 2-tuple που είναι η διαδικασία έκφρασης των αποτελεσμάτων από τις τιμές της γλώσσας 2-tuple. Πιο αναλυτικά, το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει τις γλωσσολογικές πληροφορίες μέσω μιας γλωσσολογικής 2-πλειάδας (2-tuple), που αποτελείται από ένα ζεύγος τιμών, και συγκεκριμένα (si, α) ∈ S όπου το si ∈ S είναι γλωσσολογικός όρος και το α ∈ [-0.5,0.5) είναι αριθμητικός όρος, που αντιπροσωπεύει την μετάφραση του συμβόλου. Παρακάτω παρουσιάζουμε μια σύντομη έκδοση του μοντέλου:

**Ορισμός 1.** Το μοντέλο ορίζει ένα σύνολο λειτουργιών μετασχηματισμού μεταξύ των γλωσσικών όρων και των 2-tuples και μεταξύ αριθμητικών τιμών και 2-tuples. Έστω  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  ένα γλωσσολογικό σύνολο όρων και  $\beta \in [0, g]$  μια τιμή που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα μιας συμβολικής λειτουργίας συνάθροισης. Το 2-tuple εκφράζει, στη συνέχεια, την αντίστοιχη πληροφορία στο  $\beta$ , η οποία αποκτάται με την ακόλουθη συνάρτηση:

$$\Delta : [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, a) \text{ with } \begin{cases} s_i \in S \text{ and } i = \text{round}(\beta) \\ a = \beta - i, a \in [-0.5, 0.5] \end{cases}$$

όπου  $\text{round}()$ , είναι η συνήθης λειτουργία στρογγυλοποίησης, το  $s_i$  έχει την πλησιέστερη τιμή δείκτη προς το  $\beta$  και το  $a$  είναι η τιμή της συμβολικής μετάφρασης.

**Ορισμός 2.** Η σύγκριση των γλωσσολογικών πληροφοριών που αντιπροσωπεύονται από 2-Tuples διεξάγεται σύμφωνα με μία συνηθισμένη λεξικογραφική σειρά. Έστω  $(s_k, \alpha_1)$  και  $(s_l, \alpha_2)$  δύο 2-Tuples. Η σύγκριση υλοποιείται ως εξής:

- Εάν  $k < l$  τότε  $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
- Εάν  $k = l$  τότε υπάρχουν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις:
  1. Εάν  $\alpha_1 = \alpha_2$  τότε  $(s_k, \alpha_1) = (s_l, \alpha_2)$  που σημαίνει ότι αντιπροσωπεύουν την ίδια πληροφορία,
  2. Εάν  $\alpha_1 < \alpha_2$  τότε  $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
  3. Εάν  $\alpha_1 > \alpha_2$  τότε  $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$

Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε αυτό το σύνολο των ετικετών με επτά όρους συμμετρικά κατανομημένους:  $S = \{s_0: \text{Insignificant}, s_1: \text{Very Low}, s_2: \text{Low}, s_3: \text{Medium}, s_4: \text{High}, s_5: \text{Very High}, s_6: \text{Optimus}\}$ , και  $\beta = 2.8$  είναι μια τιμή που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα μιας συμβολικής δραστηριότητας συγχώνευσης για το σύνολο των ετικετών. Τότε το 2-Tuple που εκφράζει την ισάξια πληροφορία του  $\beta$  είναι (Medium, -0.2). Η μετατροπή ενός γλωσσολογικού όρου σε 2-Tuple γλωσσολογία εμπεριέχει την πρόσθεση μιας μηδενικής τιμής σαν συμβολική μετάφραση:

$$s_i \in S \Rightarrow (s_i, 0) \in S \times [-0.5, 0.5].$$

Αξίζει να αναφερθεί ότι η πράξη  $\Delta$  καθορίζεται ένα προς ένα. Έτσι, η πράξη  $\Delta^{-1}$  επιστρέφει την ισάξια αριθμητική τιμή της  $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$ . Το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιαδήποτε λειτουργία ένταξης που υποστηρίζει την σημασιολογία των γλωσσικών όρων, βελτιώνοντας την ακρίβεια των κλασικών μεθόδων συμβολισμού, δείχνοντας ότι η χρήση μελών τριγωνικά σχεδιασμένων λειτουργιών παράγουν πιο ακριβή αποτελέσματα. Επιπλέον το 2-Tuple γλωσσολογικό μοντέλο έχει συνδέσει ένα υπολογιστικό μοντέλο, όπου μια συνολική σειρά για 2-Tuples ορίζεται μαζί με έναν χειριστή άρνησης και διάφορες λειτουργίες συσσωμάτωσης.

Η ενοποίηση των μη ομογενών πληροφοριών σε ένα γλωσσικό τομέα που συγκεντρώνει το e-SCEAF υλοποιείται σε δύο φάσεις πριν την ανάλυση των δεδομένων, όπου το σύστημα ενοποιεί αυτόματα τα ετερογενή δεδομένα σε συγκεκριμένο γλωσσολογικό τομέα που είναι ένα σύνολο βασικών γλωσσολογικών όρων (Basic Linguistic Term Set - BLTS). Ύστερα αφού το BLTS, δηλαδή το  $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$ , έχει επιλεγεί, η μη ομογενοποιημένη πληροφορία ενοποιείται αναλόγως με τη φύση της πληροφορίας ενώ κάθε αριθμητική τιμή και κάθε γλωσσικός όρος εκφράζεται μέσω ενός ασαφούς συνόλου  $F(S_T)$  στο BLTS. Υποθέτοντας ότι

το  $F(S_T)$  είναι το σύνολο των ασαφών συνόλων στο  $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$ , οι αλγόριθμοι για την ενοποίηση που χρησιμοποιεί το e-SCEAF είναι η εξής:

Για αριθμητικές τιμές:

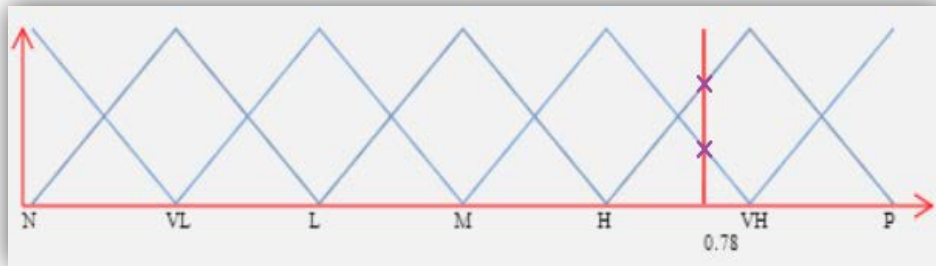
Η διαδικασία  $\tau_{NS_T}$  μετατρέπει μια αριθμητική μεταβλητή  $\theta \in [0, 1]$  σε ένα ασαφή σύνολο  $S_T$ :

$$\tau_{NS_T}: [0,1] \rightarrow F(S_T),$$

$$\tau_{NS_T}(\theta) = \{(s_0, \gamma_0), \dots, (s_g, \gamma_g)\}, s_i \in S_T \text{ and } \gamma_i \in [0,1],$$

$$\gamma_i = \mu_{S_i}(\theta) = \begin{cases} 0 & \text{if } \theta \notin \text{support}(\mu_{S_i}(x)), \\ \frac{\theta - \alpha_i}{b_i - \alpha_i} & \text{if } \alpha_i \leq \theta \leq b_i, \\ 1 & \text{αν } b_i \leq \theta \leq d_i \\ \frac{c_i - \theta}{c_i - d_i} & \text{if } d_i \leq \theta \leq c_i \end{cases}$$

Για την υλοποίηση του συγκεκριμένου μετασχηματισμού, έχει αναπτυχθεί ένας αλγόριθμος που υπολογίζει το αποτέλεσμα μέσα από μια γεωμετρική προσέγγιση. Ειδικότερα εκτιμά το γράφημα των επιλεγμένων BLTS, χρησιμοποιώντας τους τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς. Η τιμή του κάθε πραγματικού αριθμού  $\gamma$  για κάθε όρο του ασαφούς συνόλου, προκύπτει από τα σημεία τομής της ευθείας γραμμής  $x = \theta$  και της άκρης του κάθε τριγώνου που καθορίζεται από τους παραπάνω τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς.



Σχήμα 3.1

“Απεικόνιση των Σημείων Τομής μιας Αριθμητικής Τιμής από το Λογισμικό e-SCEAF”

Για γλωσσικούς όρους:

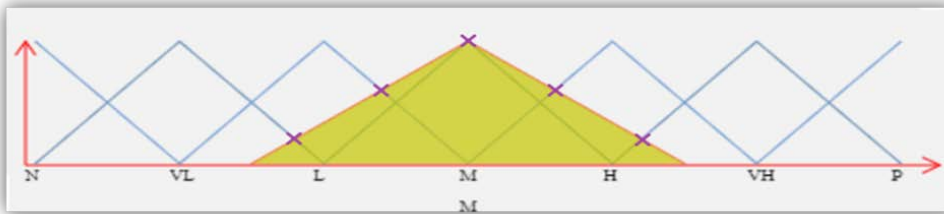
Έστω  $S = \{l_0, \dots, l_p\}$  και  $S_T = \{s_0, \dots, s_g\}$  δύο σύνολα γλωσσικών όρων όπως  $g \geq p$ . Τότε η γλωσσική μετατροπή  $\tau_{SS_T}$  ορίζεται ως εξής:

$$\tau_{SS_T}: S \rightarrow F(S_T),$$

$$\tau_{SS_T}(l_i) = \{(s_k, \gamma_k^i) / k \in \{0, \dots, g\}\} \forall l_i \in S,$$

$$\gamma_k^i = \max_y \min\{\mu_{li}(y), \mu_{sk}(y)\}$$

Όπου  $\mu_{li}(\cdot)$  και  $\mu_{sk}(\cdot)$  είναι συναρτήσεις συμμετοχής που σχετίζονται με τον όρο  $l_i$  και τον όρο  $s_k$  αντίστοιχα. Όσον αφορά στην εκτέλεση του αλγορίθμου, για κάθε γλωσσική μεταβλητή, το πρόγραμμα δέχεται δύο εισόδους. Η πρώτη είσοδος είναι ένα  $p$ -όρου ασαφούς συνόλου (όπου  $g \geq p$ ) και η δεύτερη είσοδος είναι η γλωσσική τιμή της μεταβλητής, που ανήκει στο δηλωθέν σετ. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανωτέρω ανάλυση είναι παρόμοια με εκείνη των αριθμητικών τιμών. Πιο συγκεκριμένα, αντί να αναζητά τα σημεία τομής της ευθείας γραμμής και των ακρών του κάθε τριγώνου, το λογισμικό αναζητά τα σημεία τομής του επιλεγμένου τριγώνου, του  $p$ -όρου ασαφούς συνόλου και των ακμών κάθε τριγώνου του  $g$ -όρου BLTS. Αυτό μπορεί να συμβεί, εξισώνοντας την αυξανόμενη ακμή του παλιού τριγώνου, τόσο με τις αυξανόμενες όσο και με τις μειωμένες ακμές κάθε νέου τριγώνου. Αντίστοιχα, μπορεί να συμβεί και για τη μειωμένη ακμή. Για κάθε τρίγωνο τα κοινά σημεία μπορεί να κυμαίνονται από 0 έως 2. Στην τελευταία περίπτωση των 2 κοινών σημείων, το λογισμικό διατηρεί στο ασαφές σύνολο, το μέγιστο σημείο των υπολογιζόμενων τιμών.



Σχήμα 3.2 ‘‘Απεικόνιση των Σημείων Τομής μιας Γλωσσολογικής Τιμής από το Λογισμικό e-SCEAF’’

Η συγχώνευση των προτιμώμενων τιμών χρησιμοποιείται για να αποκτήσει ένα τελικό ασαφές σύνολο, από τα διάφορα ασαφή σύνολα της κάθε μεταβλητής, εφόσον η πληροφορία έχει ενωθεί σε έναν εκφραστικό τομέα. Το τελικό ασαφές σύνολο, το οποίο είναι μοναδικό για κάθε λύση, προέρχεται από την μέση τιμή του ειδικου γλωσσολογικού όρου της κάθε μεταβλητής. Σε αυτή την περίπτωση το λογισμικό ακολουθεί την ακριβή αλγοριθμική διαδικασία. Ας υποθέσουμε ένα ασαφές σύνολο:  $F_{S_T} = \{(s_0, \gamma_0), (s_1, \gamma_1), \dots, (s_g, \gamma_g)\}$ ,  $s_i \in S_T$  και  $\gamma_i \in [0, 1]$ . Η διαδικασία συγχώνευσης είναι η εξής:

$$F_{Agg} = \left\{ \left( s_0, \frac{x_0 + y_0 + \dots + z_0}{n} \right), \left( s_1, \frac{x_1 + y_1 + \dots + z_1}{n} \right), \dots, \left( s_g, \frac{x_g + y_g + \dots + z_g}{n} \right) \right\}$$

Η μετατροπή σε 2-tuple γλωσσολογικές μεταβλητές του BLTS γίνεται μέσω της διεργασίας  $\chi$  όπου το ασαφές σύνολο μετατρέπεται σε αριθμητική τιμή του διαστήματος του  $S_T$ ,  $[0, g]$ :

$$\chi: F(S_T) \rightarrow [0, g],$$

$$\chi(F(S_T)) = \chi(\{(s_j, \gamma_j), j = 0, 1, \dots, g\}) = \frac{\sum_{j=0}^g j * \gamma_j}{\sum_{j=0}^g \gamma_j} = B$$

Όπου το ασαφές σύνολο  $F(S_T)$  προκύπτει από τα  $\tau_{NS_T}$ ,  $\tau_{SS_T}$  και  $\tau_{LS_T}$ .

Ως εκ τούτου, εφαρμόζοντας τον Ορισμό 1, εκφράζεται μια συλλογική σχέση προτίμησης, της οποίας οι τιμές εκφράζονται από 2-Tuple:

$$\Delta(\chi(\tau(\theta))) = \Delta(\beta) = (s, a)$$

$$\Delta(\beta) = \begin{cases} s_i, i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = b - i, \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases}$$

Έτσι το e-SCEAF υπολογίζει και παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτόματα.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης γίνεται μέσω διαγραμμάτων απόδοσης που αφορούν είτε στον κάθε άξονα ξεχωριστά είτε ολιστικά, με αποτέλεσμα την ξεκάθαρη και ευανάγνωστη απεικόνιση και παρουσίαση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου ή της πόλης, με την δυνατότητα να γίνεται ξεχωριστή αναφορά στα αδύναμα σημεία ή στους τομείς με ιδιαίτερα μεγάλο δυναμικό βελτίωσης. Η κλίμακα αξιολόγησης διαθέτει 7 διαβαθμίσεις, οι οποίες είναι οι εξής κατά σειρά: ασήμαντη (Insignificant-I), πολύ χαμηλή (VeryLow-VL), χαμηλή (Low-L), μέτρια (Medium-M), υψηλή (High-H), πολύ υψηλή (VeryHigh-VH), ιδανική (Optimus-O). Οι αριθμητικές τιμές κυμαίνονται αντίστοιχα από -0.5 έως 0.5.



Σχήμα 3.3 ‘Κλίμακα Αξιολόγησης – Rating Chart’

### 3.1.2 Δείκτες e-SCEAF

Το εργαλείο e-SCEAF βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια και κατ’ επέκταση σε πόλεις. Η δεύτερη κατηγορία αναπτύσσεται σε επίπεδο πόλης ενώ η πρώτη, πιο προσαρμοσμένη, σε επίπεδο κτιρίων ή μικρότερων τομέων μιας πόλης. Οι δείκτες του e-SCEAF σε επίπεδο κτιρίου διαφέρουν αναλόγως τον άξονα, που αναλύεται. Πιο συγκεκριμένα, οι δείκτες που διαφέρουν είναι οι εξής:

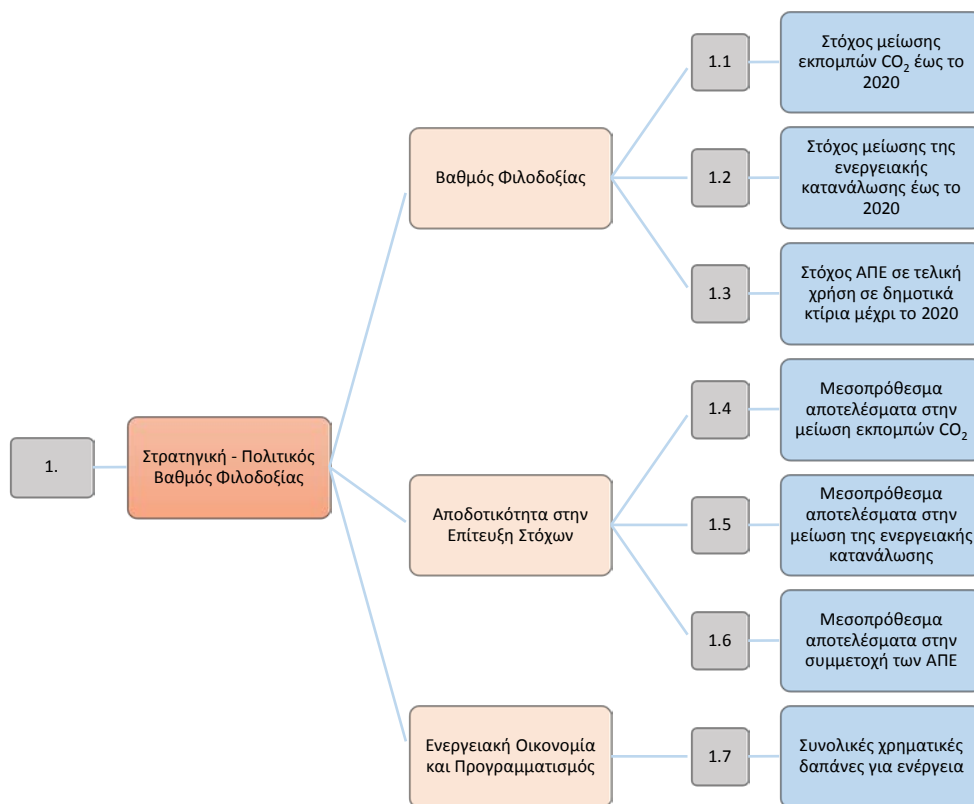
- Για τον άξονα ‘Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας’, οι δείκτες 1.1 μέχρι 1.3 αναφέρονται στους στόχους μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης και μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> καθώς και στον στόχο παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το 2020. Το ίδιο συμβαίνει στα αντίστοιχα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα, τα οποία εκπροσωπούνται από τους δείκτες 1.4 έως 1.6. Ο δείκτης

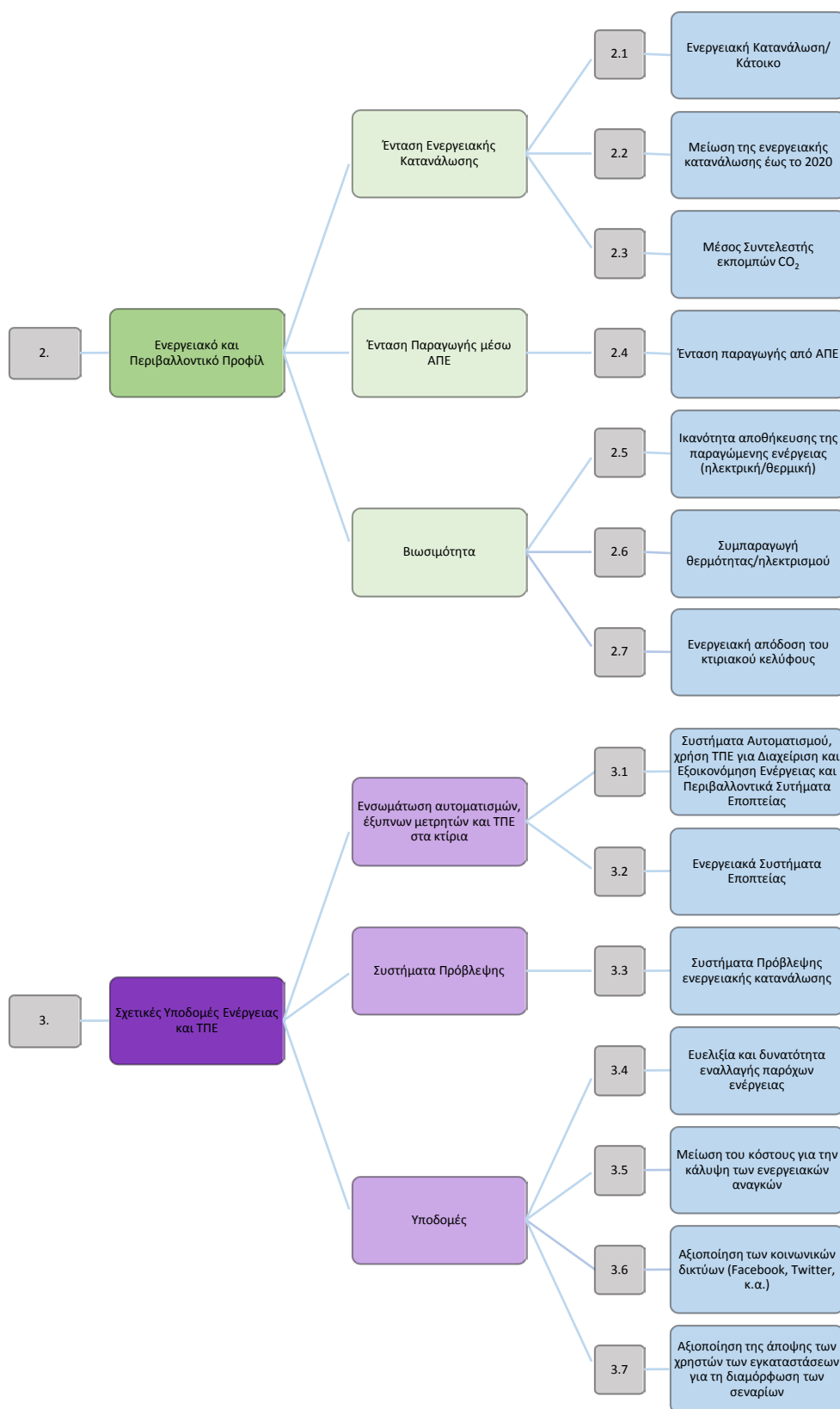


1.7, από την άλλη, αφορά στα κεφάλαια που διατίθενται για τις ΑΠΕ και την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

- Για τον άξονα ‘Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ’, οι δείκτες, που αφορούν τον τομέα των μεταφορών και άλλους τομείς του e-SCEAF σε επίπεδο πόλης, εξαιρούνται, εστιάζοντας μόνο στον τομέα των κτιρίων. Οι δείκτες 2.1 και 2.2 υπολογίζουν τις ποσοστιαίες διαφορές των μεγεθών σε σύγκριση με ένα έτος αναφοράς (benchmark year). Για τους δείκτες 1.4-1.6, 2.1-2.3 θεωρείται, ότι η παραγωγή γίνεται από φωτοβολταϊκά συστήματα του κτιρίου και ιδανικά βασίζονται σε μετρήσεις, που εκτελούνται από συστήματα παρακολούθησης του ίδιου του κτιρίου. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο άξονας αυτός δεδομένου, ότι αντικατοπτρίζει την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου βασισμένη στο πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσής του.
- Για τον άξονα ‘Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ’, οι δείκτες αναφέρονται σε συστήματα παρακολούθησης, σε συστήματα ενεργειακής διαχείρισης των κτιρίων, σε κτιριακούς αυτοματισμούς, σε συστήματα πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης και στην αξιοποίηση των μέσων κοινωνικής δικτύωσης.

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι δείκτες του e-SCEAF, που χρησιμοποιούνται από το πλαίσιο για τον υπολογισμό και την αξιολόγηση των κτιρίων.



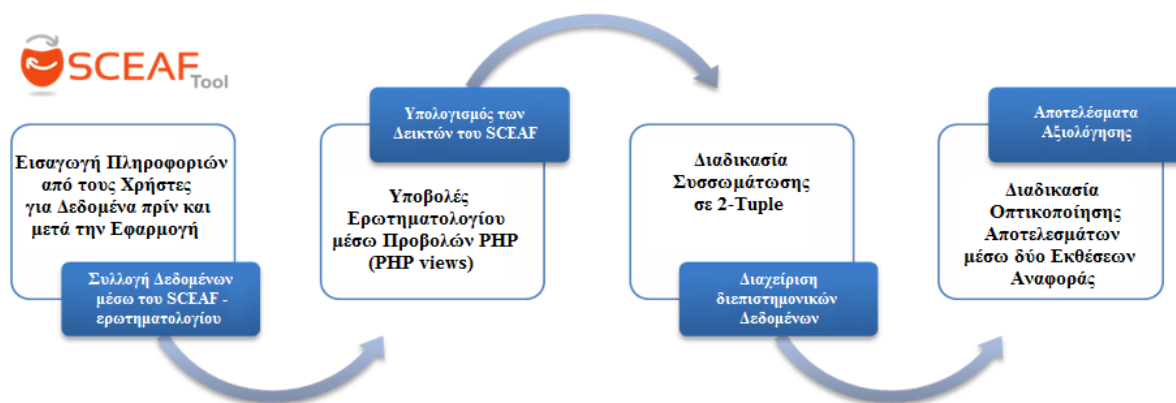


Σχήμα 3.4 “Δείκτες του e-SCEAF ανά Άξονα Αξιολόγησης”

### 3.1.3 Λειτουργία e-SCEAF

Η εισαγωγή των δεικτών γίνεται μέσω της web-based εφαρμογής e-SCEAF στον ιστότοπο <http://sceaf.optimus-smartcity.eu/> που υλοποιήθηκε, εν μέρει, μέσω του Drupal CMS (Content Management Systems - Συστήματα Διαχείρισης Περιεχομένου) σε φιλικό προς τον χρήστη γραφικό περιβάλλον με γρήγορο και εύκολο τρόπο. Η διαδικασία της αξιολόγησης αποτελείται από τα εξής 4 βήματα:

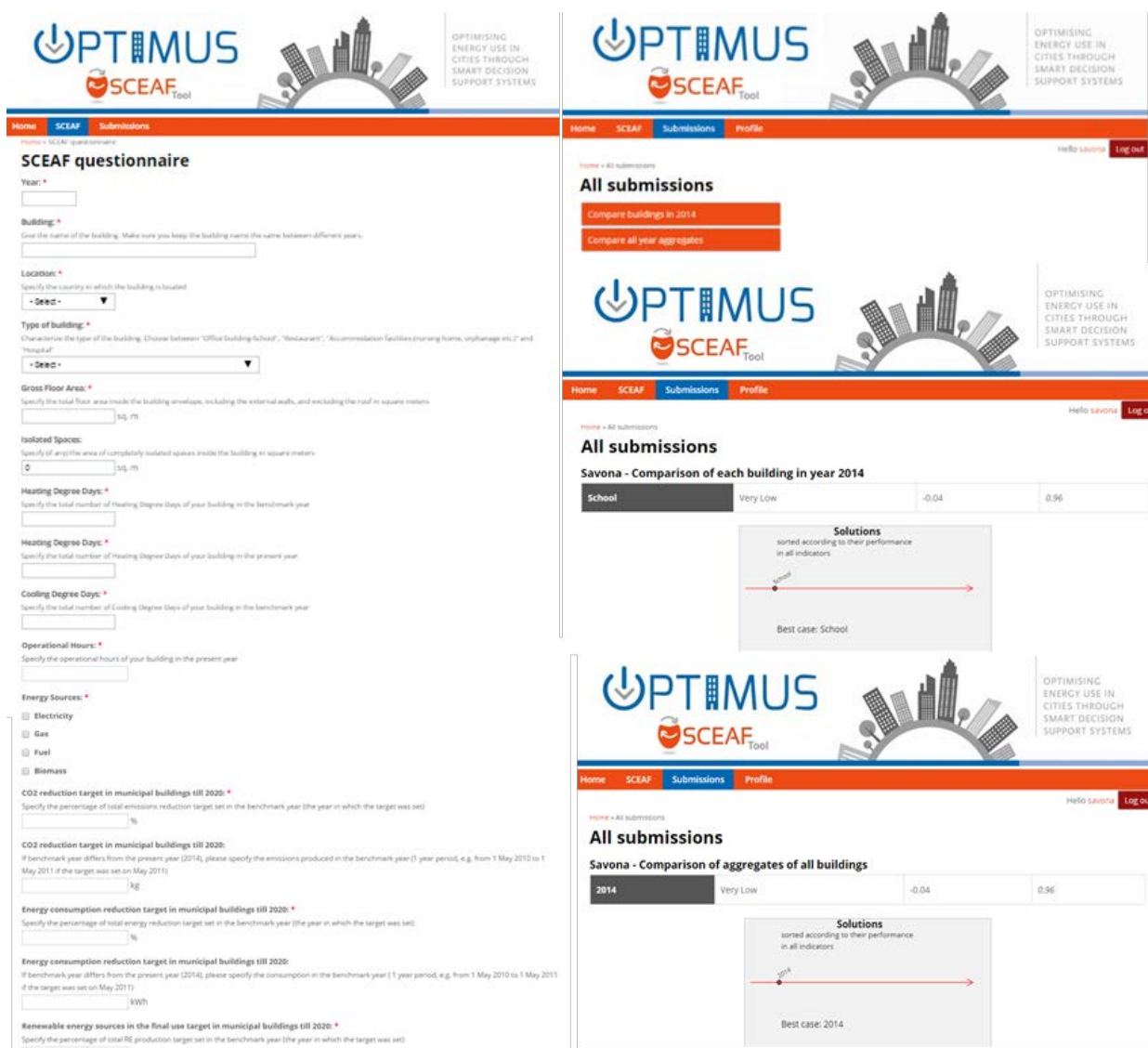
- *Συλλογή δεδομένων μέσω του e-SCEAF σε επίπεδο κτιρίου:* Σε αυτό το βήμα, η διοικητική αρχή συμπληρώνει όλα τα δεδομένα σχετικά με το ενεργειακό προφίλ των κτιρίων όλων των κοινοτήτων.
- *Υπολογισμός των δεικτών SCEAF:* Όλες οι υποβολές του χρήστη στο ερωτηματολόγιο, καθώς και όποια χρονικά μεγέθη, υπολογίζονται με τη χρήση PHP και αποστέλλονται αυτόματα στη βάση δεδομένων MySQL, για να χρησιμοποιηθούν από τα αρχεία JavaScript στο 3ο στάδιο.
- *Διαχείριση δεδομένων πολλαπλών ειδών:* Αυτή είναι μια σημαντική φάση, όπου όλα τα ετερογενή δεδομένα, που υφίστανται επεξεργασία μετασχηματίζονται σε λεκτικές τιμές 2-tuple, χρησιμοποιώντας το μοντέλο 2-tuple γλωσσικής αναπαράστασης.
- *Αποτελέσματα αξιολόγησης:* Στο τελικό στάδιο, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει την απόδοση σε όλη τη διάρκεια των ετών μέσα από τους πίνακες, που εμφανίζουν τις τιμές των δεικτών του κάθε άξονα του e-SCEAF, καθώς και από τα ακτινικά διάγραμμα και πολύγωνα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων και για την διευκόλυνση στις συγκρίσεις.



Σχήμα 3.5 “Διαδικασία Αξιολόγησης του Εργαλείου e-SCEAF”

Το εργαλείο αποτελείται από τρεις κύριες σελίδες. Η πρώτη σελίδα, με την ονομασία «HOME», αφορά στην καταγραφή και στην εγγραφή των χρηστών και παρέχει μια σύντομη περιγραφή του e-SCEAF, σε συνδυασμό με τους σκοπούς για τους οποίους αναπτύχθηκε. Η δεύτερη σελίδα ονομάζεται «SCEAF», και αποτελεί το μέρος, στο οποίο γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων για την αξιολόγηση μέσω της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Χρησιμοποιεί το μοντέλο διαχείρισης προβλήματος για να αποθηκεύσει και να φορτώσει τα

διάφορα προβλήματα, αναζητώντας τις ομάδες δεδομένων, που απαιτούνται για την επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος του κάθε κτιρίου, για κάθε έτος, για το οποίο διατίθενται δεδομένα. Η τρίτη σελίδα φέρει τον τίτλο «Submissions». Σε αυτήν βρίσκονται όλα τα ερωτηματολόγια, που έχουν συμπληρωθεί από τον χρήστη. Εδώ του δίνεται η δυνατότητα να συγκρίνει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, που διενεργήθηκε τόσο για μεμονωμένα κτίρια όσο για ολόκληρο τον τομέα των δημοτικών κτιρίων στο σύνολο του. Παρέχεται, επίσης, η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων από διάφορες χρονιές δίνοντας με αυτόν τον τρόπο στον χρήστη την ικανότητα να παρακολουθήσει την πρόοδο της πόλης και να διερευνήσει κατά πόσον οι περιβαλλοντικοί στόχοι καθώς και οι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας επιτεύχθηκαν.



Εικόνα 3.1 “Σελίδες e-SCEAF”

Η αξιολόγηση μιας ‘‘Εξυπνης Πόλης’’ ή ενός ‘‘Εξυπνου Κτιρίου’’, ως προς την ‘‘Εξυπνη Ενεργειακή Απόδοση’’ (Smart City Energy Performance - SCEP) υπολογίζεται ως το σταθμισμένο άθροισμα των επιδόσεων της πόλης σε κάθε έναν από τους τρεις άξονες (Political Field of Action (PFA), Environmental & Energy Profiles (EEP) and Related Infrastructures & ICT (I&I) ως εξής:

$$SCEP (PFA, EEP, RI\&I) = w_{PFA} * PFA + w_{EEP} * EEP + w_{RI\&I} * RI\&I \quad (1)$$

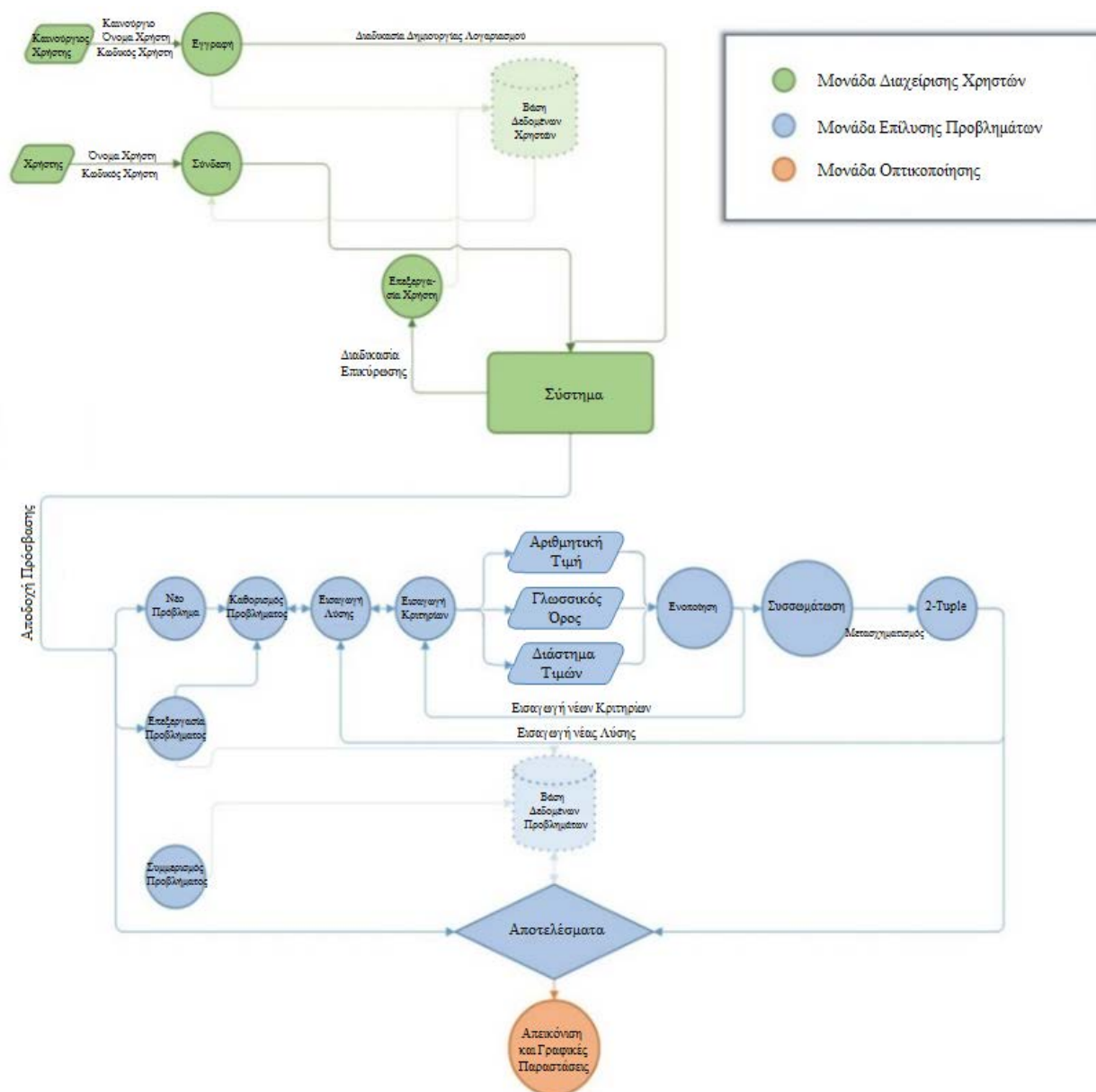
Οι συντελεστές  $w_{PFA}$ ,  $w_{EEP}$  και  $w_{I\&I}$  θα πρέπει να προστεθούν και καθορίζονται από τους εμπλεκόμενους φορείς λήψης αποφάσεων, σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους. Ομοίως, η απόδοση της πόλης με κάθε έναν από τους τρεις άξονες (PFAP, EEP, I & P) είναι συνάρτηση του αντίστοιχου άξονα SCEAF και αξιολογείται ως:

$$PFAP (I_{1.1}, I_{1.2}, \dots, I_{1.x}) = w_{P_{1.1}} * I_{1.1} + w_{P_{1.2}} * I_{1.2} + \dots + w_{P_{1.x}} * I_{1.x} \quad (2)$$

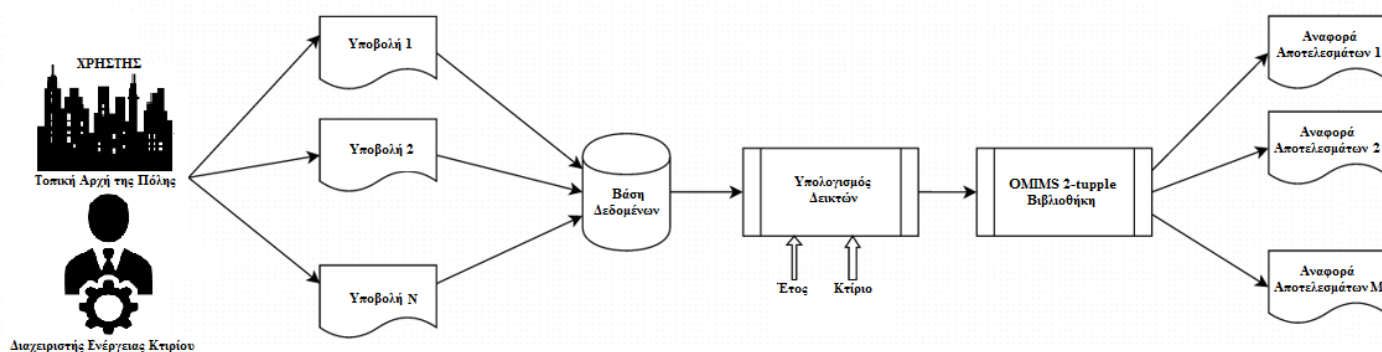
$$EEP (I_{2.1}, I_{2.2}, \dots, I_{2.y}) = w_{P_{2.1}} * I_{2.1} + w_{P_{2.2}} * I_{2.2} + \dots + w_{P_{2.y}} * I_{2.y} \quad (3)$$

$$RI\&I (I_{3.1}, I_{3.2}, \dots, I_{3.z}) = w_{P_{3.1}} * I_{3.1} + w_{P_{3.2}} * I_{3.2} + \dots + w_{P_{3.z}} * I_{3.z} \quad (4)$$

Στους παραπάνω τύπους, τα  $P_{1.1}, \dots, P_{1.3}, P_{2.1}, \dots, P_{2.5}, P_{3.1}, \dots, P_{3.4}$  αντιπροσωπεύουν την απόδοση της πόλης σε κάθε έναν από τους άξονες, με βάση τους δείκτες κριτηρίων ανά πυλώνα. Οι συντελεστές σε κάθε έναν από τους τύπους (2) - (4) καθορίζονται από τους εμπλεκόμενους φορείς λήψης αποφάσεων σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους. Η πιο γενική εικόνα της κατάστασης της πόλης λαμβάνεται για ισόνομα σταθμισμένα κριτήρια για κάθε τύπο. Μια ιδανική πόλη σύμφωνα με το πλαίσιο SCEAF επιτυγχάνει τις υψηλότερες βαθμολογίες και στους τρεις άξονες αξιολόγησης και ως εκ τούτου στη συνολική αξιολόγηση της λειτουργίας της.



Σχήμα 3.6 “Διάγραμμα Ροής της Λειτουργίας του Λογισμικού”



Σχήμα 3.7 “Αρχιτεκτονική του Συστήματος του e-SCEAF”

## 3.2 Thermal Comfort Validator (TCV)

### 3.2.1 Εισαγωγή TCV

Ο Thermal Comfort Validator (TCV) αποτελεί την υλοποίηση μιας web-based εφαρμογής με σκοπό την υποστήριξη των διαχειριστών κτιρίων στον καθορισμό της εσωτερικής θερμοκρασίας των χώρων του κτιρίου και στην επιλογή της ιδανικής ρύθμισης της θερμοκρασίας ανάλογα με την θερμική αίσθηση των χρηστών. Η Θερμική άνεση (Thermal Comfort) αφορά την κατάσταση του νου, ο οποίος εκφράζει την ικανοποίησή του για το θερμικό περιβάλλον (Wikipedia, 2017 β). Το εργαλείο αυτό διευκολύνει τους διαχειριστές να διατηρήσουν την θερμοκρασία σε αποδεκτά επίπεδα άνεσης και να βελτιώσουν παράλληλα την ενεργειακή χρήση. Η ανάγκη αυτή προκύπτει από τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής χρήσης, που προωθείται από την ΕΕ και από τα μέλη της. Δεδομένου του ότι η εξοικονόμηση ενέργειας και η θερμική άνεση δεν είναι πάντα συμβατές, αποτελεί συχνό φαινόμενο, οι εσωτερικές συνθήκες να διαμορφώνονται μη ιδανικά, από πλευράς των χρηστών, που βρίσκονται στο χώρο. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την περίπτωση των δημοτικών κτιρίων, που χρησιμοποιούνται ευρέως από το κοινό, όπου οι παράμετροι θερμικής άνεσης κατά τη λειτουργία ορίζονται από τεχνικές προδιαγραφές. Αν και πολλές μελέτες διατίθενται στη διεθνή βιβλιογραφία με επίκεντρο την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε διάφορους τύπους κτιρίων, τα αποτελέσματά τους είναι εξειδικευμένα για την εκάστοτε περίπτωση, που εφαρμόστηκε, και οδηγούν σε προτάσεις, οι οποίες δεν είναι πάντα κατάλληλες, αλλά ιδανικές μόνο για την συγκεκριμένη εφαρμογή (Zomorodian Z.S, et al., 2016). Με βάση τα παραπάνω, η διαχείριση των εσωτερικών συνθηκών θα πρέπει να εφαρμόζεται δυναμικά σε κτίρια, με σκοπό τόσο την δημιουργία αποδεκτών επιπέδων άνεσης για τους χρήστες, λαμβάνοντας υπόψη τις θερμικές τους αισθήσεις, όσο την επίτευξη της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, οδηγώντας σε εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους (Teli, D., et al., 2013).

Πράγματι, η θερμοκρασία ενός κτιρίου δεν μπορεί να ρυθμιστεί αυθαίρετα σε οποιαδήποτε τιμή, που θα συνεπάγεται την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, δεδομένου ότι αυτό θα επηρεάσει κατά συνέπεια την θερμική άνεση σε μεγάλο βαθμό (Portuguese Energy Agency (ADENE), 2016), η οποία πρέπει να παραμένει εντός των αποδεκτών επιπέδων σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα (Roaf, S., et al., 2010). Δεδομένου του ότι η θερμική άνεση και η ενεργειακή κατανάλωση έρχονται σε αντίθεση βάσει των συναρτήσεων κόστους τους, η διαδικασία βελτιστοποίησης κρίνεται απαραίτητη για να επιτευχθεί ένας αποδεκτός συμβιβασμός. Πρότυπα άνεσης, όπως το EN ISO 7730 (European Committee for Standardization, 2005), EN 15251 (European Committee for Standardization, 2007), και το Πρότυπο ASHRAE 55 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2010), προσδιορίζουν τις τιμές σχεδιασμού για εσωτερικές θερμοκρασίες εν ώρα λειτουργίας και τις εξισώσεις άνεσης, όπως τον δείκτη αναμενόμενης μέσης αίσθησης (Predicted Mean Vote - PMV) και το μοντέλο προσαρμογής της θερμικής άνεσης (European Committee for Standardization, 2007). Τα πρότυπα αυτά υστερούν στην συσχέτιση της «πραγματικής» με την προβλεπόμενη θερμική άνεση, για την θέσπιση του



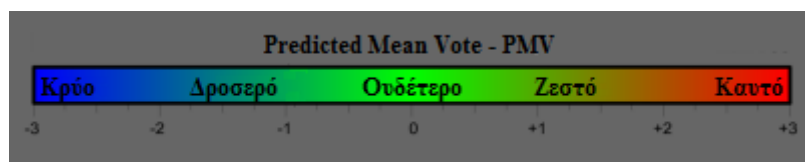
εύρους των αποδεκτών τιμών της θερμοκρασίας στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Μια τέτοια ολοκληρωμένη μεθοδολογία υποστήριξης αποφάσεων και τα αντίστοιχα εργαλεία απουσιάζουν από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία (Spiliotis E, 2015).

Με τον Thermal Comfort Validator (TCV) δημιουργήθηκε ένα εργαλείο υποστήριξης για την ενεργειακή διαχείριση με σκοπό την ρύθμιση των θερμοκρασιών και του επιπέδου άνεσης βασισμένη όχι μόνο στα πρότυπα, αλλά λαμβάνοντας υπόψη την αίσθηση των χρηστών του κτιρίου μέσω μιας δομημένης, ολοκληρωμένης και συχνής ανατροφοδότησης απευθείας από τους χρήστες.

### 3.2.2 Δείκτες TCV

Η μεθοδολογία υποστήριξης αποφάσεων του TCV στηρίζεται στην εξέταση και αξιοποίηση τριών κύριων τρόπων μέτρησης και δεικτών για τη διαχείριση των κτιρίων. Οι τρεις δείκτες είναι ο δείκτης αναμενόμενης μέσης αίσθησης (Predicted Mean Vote - PMV), ο δείκτης παρατηρούμενης μέσης αίσθησης (Observed Mean Vote - OMV) και ο δείκτης πραγματικής μέσης αίσθησης (Actual Mean Vote - AMV).

Ο δείκτης αναμενόμενης μέσης αίσθησης (Predicted Mean Vote - PMV) ορίζεται μέσω μιας κλίμακας 7 βαθμίδων θερμικής αίσθησης ξεκινώντας από το -3, που αντιστοιχεί στην αίσθηση που έχει ο χρήστης, όταν αισθάνεται κρύο και φτάνοντας στο +3, όταν αισθάνεται ζεστό. Οι ενδιάμεσες τιμές αντανακλούν τα ενδιάμεσα στάδια της θερμικής αίσθησης, όπου το μηδέν θεωρείται ιδανικό και αντιστοιχεί στην ουδέτερη θερμική αίσθηση.



Σχήμα 3.8 ‘Κλίμακα PMV’

Ο δείκτης PMV αποδίδει την μέση υποκειμενική αξιολόγηση μιας ευρύτερης ομάδας ανθρώπων, με την ίδια ενδυμασία, ίδια δραστηριότητα και στο ίδιο περιβάλλον, για το επίπεδο άνεσής τους (Baunetz Wissen). Μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά, με τη χρήση έξι μεταβλητών, που σχετίζονται με τις εσωτερικές συνθήκες και τα προφίλ των χρηστών, οι οποίες είναι η θερμοκρασία και η σχετική ταχύτητα του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η σχετική υγρασία, η μόνωση από τα ρούχα των χρηστών και ο μεταβολικός ρυθμός. Σαν μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (Mean radiant temperature) ορίζεται η ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας, που μεταφέρεται από μια επιφάνεια και εξαρτάται από την ικανότητα του υλικού να απορροφά ή να εκπέμπει θερμότητα. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας εξαρτάται από την θερμοκρασία και τις ιδιότητες εκπομπής και απορρόφησης των επιφανειών, που περιβάλλουν ένα αντικείμενο, και από το κατά πόσο υπάρχει απευθείας ακτινοβολία στο αντικείμενο αυτό. Για ένα πρόσωπο, δηλαδή, που βρίσκεται σε ένα δωμάτιο, που φωτίζεται με το φως του ηλίου, εξαρτάται από το κατά πόσο βρίσκεται στον ήλιο. Σαν μεταβολικός ρυθμός ορίζεται το επίπεδο του μετασχηματισμού της



χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, με μεταβολικές δραστηριότητες εντός ενός οργανισμού (Wikipedia, 2017 β). Ο μεταβολικός ρυθμός εκφράζεται σε μονάδες met, οι οποίες ορίζονται ως εξής:  $1 \text{ met} = 58.2 \text{ W/m}^2$  ( $18.4 \text{ Btu/h}\cdot\text{ft}^2$ ), και αντιστοιχεί σε ενέργεια που παράγεται ανά μονάδα επιφάνειας ενός μέσου ατόμου που κάθεται και αναπαύεται, όπου το εμβαδόν επιφάνειας ενός μέσου ατόμου είναι 1,8 τ.μ. (Addenda-Ashrae, 2014).

Ο δείκτης παρατηρούμενης μέσης αίσθησης (Observed Mean Vote - OMV) υπολογίζεται από τις εξισώσεις PMV, χρησιμοποιώντας τιμές για την θερμοκρασία και την υγρασία που προκύπτουν από μετρήσεις των αισθητήρων του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο και όχι από προβλεπόμενες τιμές.

Ο δείκτης πραγματικής μέσης αίσθησης (Actual Mean Vote - AMV) δεν υπολογίζεται αλλά προκύπτει απευθείας από την ανατροφοδότηση του χρήστη και αντιπροσωπεύει την πραγματική θερμική αίσθησή του, όπως την αντιλαμβάνεται ο ίδιος. Η ανατροφοδότηση από τον χρήστη γίνεται μέσω της εφαρμογής του TCV, η λειτουργία του οποίου αναλύεται παρακάτω.

### 3.2.3 Χρήση του TCV

Η πρόσβαση στην διαδικτυακή εφαρμογή του TCV είναι δυνατή μέσω του ιστότοπου <http://validator.optimus-smartcity.eu>, από πολλαπλές συσκευές, όπως υπολογιστές, tablets και κινητά τηλέφωνα. Δεν εξαρτάται από τα συστήματα και τον εξοπλισμό, που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, που εφαρμόζεται και, ως εκ τούτου, δεν χρειάζονται οποιεσδήποτε τροποποιήσεις ή περαιτέρω προσαρμογή. Αναπτύχθηκε με τη χρήση open-source γλωσσών προγραμματισμού όπως PHP, MySQL και JavaScript και χρησιμοποιεί το Yii-Webframework σαν σύστημα διαχείρισης περιεχομένου για το σύστημα πιστοποίησης χρηστών, εξασφαλίζοντας έτσι την ανταπόκριση σε όλες τις συσκευές. Για την ανατροφοδότηση από τους χρήστες, συμπληρώνεται ένα σύντομο ερωτηματολόγιο για την θερμική αίσθησή τους στο κτίριο που βρίσκονται, το οποίο ιδανικά γίνεται και αφορά σε διάφορα χρονικά στιγμιότυπα της ημέρας. Ο κύριος σκοπός είναι να δημιουργηθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τον δείκτη πραγματικής αίσθησης για τις διάφορες ώρες της ημέρας.

Τα στοιχεία που συμπληρώνονται για την χρήση του TCV χωρίζονται σε γενικές πληροφορίες, που αφορούν στο κτίριο και στα δεδομένα, τα οποία με την σειρά τους αναφέρονται στην θερμική αίσθηση και τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τις PMV εξισώσεις, όπως είναι η θερμοκρασία του χώρου (αν είναι σε αποδεκτά επίπεδα), η ροή του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία, η ενδυμασία και η δραστηριότητα του προσώπου, που συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο.



## TCV Thermal Comfort Validator

HOME

### QUESTIONNAIRE

**1 Information**  
user and building data

2017-04-07 01:11:04

**Location**  
in which of the following building are you right now?

Savona, Colombo-Pertini School  Zaanstad, Town Hall  
 Sant Cugat, Town Hall  Sant Cugat, Theatre

in which part of the building are you?

ZONE 3

Write here your email

**Temperature**

**Question 1: TEMPERATURE**  
How do you rate your thermal sensation?

Cold  Cool  
 Slightly Cool  Neutral  
 Slightly Warm  Warm  
 Hot

How do you perceive the temperature?

Clearly Acceptable  Not Acceptable  
 Just Unacceptable  Clearly Unacceptable

Do you need the indoor temperature?

Higher  No Change  
 Lower

---

**Wind**

**Question 2: WIND**  
would you like?

More Air Movement  No Change  
 Less Air Movement

---

**Sun**

**Question 3: SUN**  
would you like?

More Sun  No Change  
 More Shade

**Clothing**

**Question 4: CLOTHING**  
Please select all items checked or what you are wearing at this moment.

Short OR Short Skirt  Jacket AND/OR Jumper  
 Short Sleeve Shirt  Short AND/OR Socks  
 Jeans OR Other Long Pants OR Long Skirt  Vest OR Single Top  
 Long Sleeve Shirt  Sandals OR Shoes

Do you choose intensity of light or dark colour?

Light  Dark

---

**Activity**

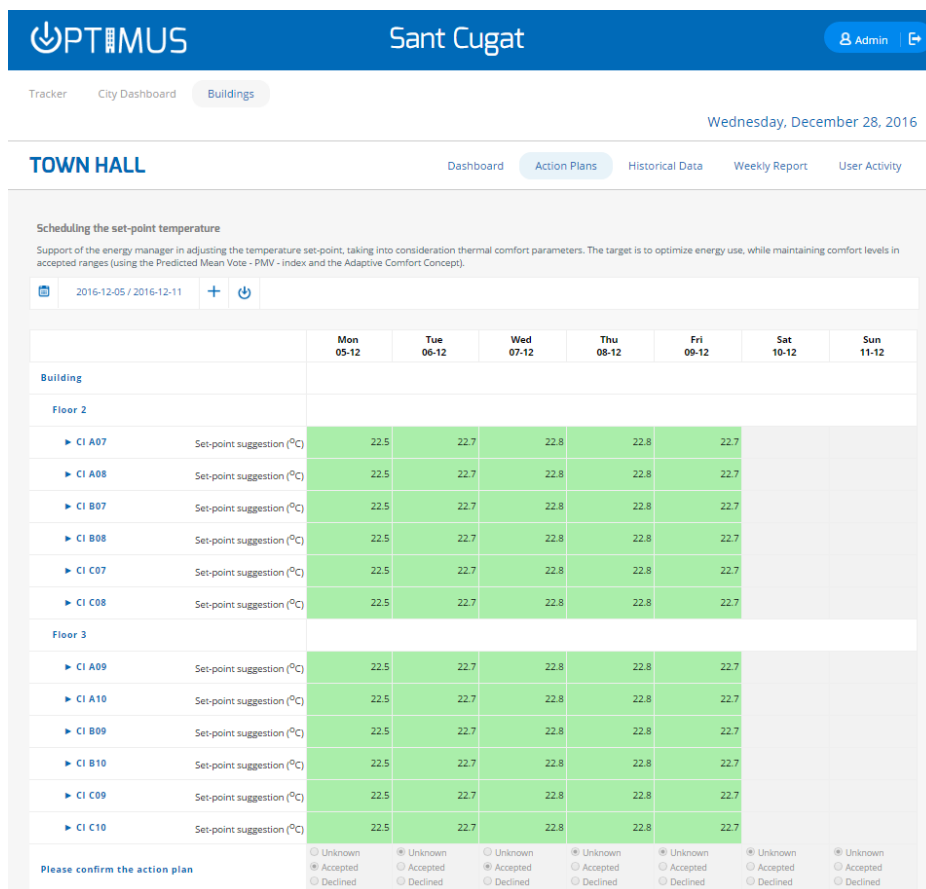
**Question 5: ACTIVITY**  
Do you feel that have you been walking?

Sleeping  Sitting  
 Standing  Walking

Submit

Εικόνα 3.2 “Σελίδα TCV με το Ερωτηματολόγιο”

Τα υπόλοιπα δυναμικά δεδομένα, που χρειάζονται για την εφαρμογή του TCV, προέρχονται από αισθητήρες εγκατεστημένους στα κτίρια και παρέχουν πληροφορίες για τις εσωτερικές συνθήκες που επικρατούν στους χώρους, όπως είναι θερμοκρασία και η υγρασία.



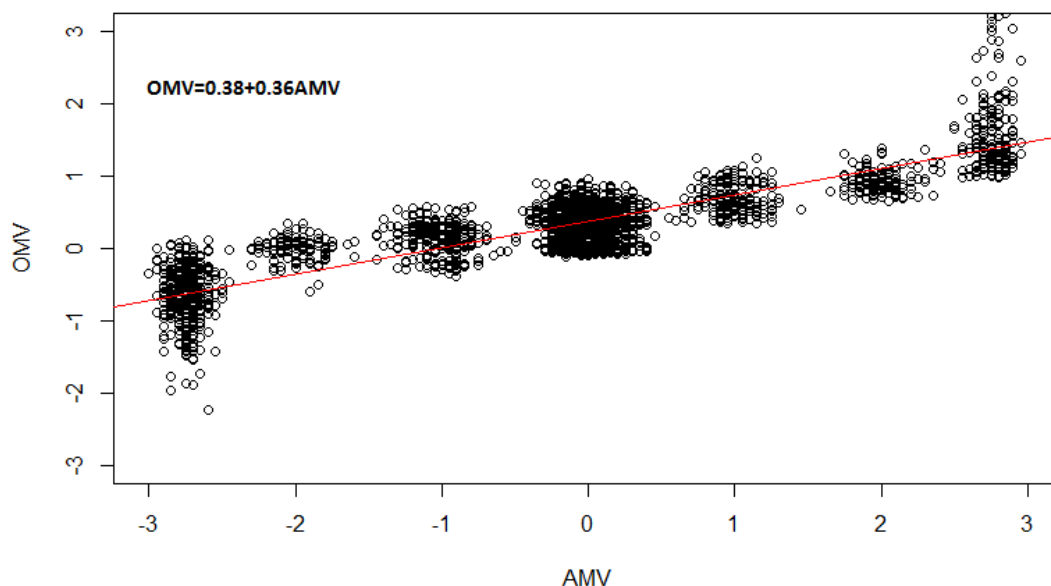
Εικόνα 3.3 “Αποτελέσματα Εφαρμογής του TCV”

Σε επόμενο και τελευταίο στάδιο, αφού έχει προηγηθεί η ανάλυση των δεδομένων από τα ερωτηματολόγια και τους αισθητήρες και η εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμού της προτεινόμενης θερμοκρασίας για μια εβδομάδα, εμφανίζονται τα τελικά αποτελέσματα του σχεδίου δράσης για όλους τους τομείς ενός κτιρίου, καθώς και τα δεδομένα που εισήχθησαν για την εφαρμογή.

### 3.2.4 Μεθοδολογία TCV

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την ρύθμιση της θερμοκρασίας ολοκληρώνεται σε 7 βήματα. Το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός του δείκτη PMV για κάθε ώρα μιας εβδομάδας, χρησιμοποιώντας τις προβλεπόμενες τιμές για τις εσωτερικές συνθήκες. Ο υπολογισμός του δείκτη PMV πραγματοποιείται από την επίλυση των συναρτήσεων (1)-(4) οι οποίες ορίζονται από το πρότυπο ISO 7730:2005 (ISO, 2015). Η τιμή της θερμοκρασίας του αέρα παρέχεται από ένα μοντέλο πρόβλεψης της εσωτερικής θερμοκρασίας (23). Στο δεύτερο βήμα μεταφράζονται τα δεδομένα, που καταχωρήθηκαν για κάθε ώρα της εξεταζόμενης εβδομάδας

από την είσοδο των χρηστών, σε τιμές για τον δείκτη Actual Mean Vote – AMV. Στο τρίτο βήμα φιλτράρονται οι τιμές του δείκτη AMV προκειμένου να αποκλείσει δεδομένα, που παρέχονται κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου. Επιπλέον, δεδομένα για τα οποία υπάρχουν λιγότερες από 3 εγγραφές απορρίπτονται, εφόσον θεωρούνται ανεπαρκή. Μετά τη διαδικασία φιλτραρίσματος ολοκληρώνεται η διαδικασία υπολογισμού των ωριαίων τιμών του AMV. Το τέταρτο βήμα αποτελείται από τον υπολογισμό του δείκτη Observed Mean Vote – OMV. Ο δείκτης αυτός βασίζεται στα δεδομένα, που συλλέγουν οι αισθητήρες των κτιρίων για την θερμοκρασία και την υγρασία για την εβδομάδα, τα οποία έχουν ως στόχο να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη και την ρύθμιση των εσωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος. Οι τιμές της μόνωσης από την ένδυση και ο μεταβολικός ρυθμός υπολογίζονται με βάση το σχετικό πρότυπο (European Committee for standardization (2005), “Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”, EN ISO 7730). Στο πέμπτο βήμα υπολογίζεται ο συσχετισμός μεταξύ των δεικτών AMV και OMV χρησιμοποιώντας την γραμμική εξάρτησης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.9 “Συσχέτιση μεταξύ των Δεικτών AMV και OMV”

Στην πράξη, η εξίσωση, που υπολογίζεται, αντιπροσωπεύει πώς αισθάνονται οι χρήστες του κτιρίου πραγματικά σε σύγκριση με την αίσθηση που θεωρητικά αναμένεται λόγω των ελεγμένων εσωτερικών συνθηκών. Έτσι προκύπτει ο γραμμικός τύπος  $OMV = a + b * AMV$ . Στο επόμενο βήμα ορίζεται η τιμή του OMV, που αντιστοιχεί σε  $AMV = 0$  προκειμένου με την ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας, οι χρήστες να αισθάνονται ουδέτερη άνεση, που αντιστοιχεί στο μηδέν. Στο τελευταίο βήμα λύνεται η εξίσωση, που συνδέει τον δείκτη OMV και την εσωτερική θερμοκρασία ως προς της θερμοκρασία, δεδομένου ότι καθορίστηκε η ιδανική τιμή για τον OMV, και προτάθηκε τελικά στον χρήστη το σχέδιο δράσης για την ρύθμιση της θερμοκρασίας για την επόμενη βδομάδα.

Οι δείκτες  $a$  και  $b$  εξαρτώνται από την μέγιστη και ελάχιστη τιμή της μόνωσης του ρουχισμού και συσχετίζονται γραμμικά με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος με τους τύπους:

$$Clothing = a + b * Outdoor Temperature$$

$$a = \frac{Max\{Clothing\} - Min\{Clothing\}}{Min\{Outdoor Temperature\} - Max\{Outdoor Temperature\}}$$

$$b = Min\{Clothing\} - Max\{Outdoor Temperature\} * a$$

Οι εξισώσεις υπολογισμού του δείκτη PMV όπως ορίζονται από το πρότυπο ISO 7730:2005:

$$PMV = [0.303 * (\exp(-0,036 * M) + 0,028) * (M - W) - 3,05 * 10^{-3} * \\ * [5,733 - 6,99 * (M - W) - p_a] - 0.42 * [(M - W) - 58,15] - 1,7 * 10^{-5} \\ ** M * (5,867 - p_a) - 0,0014 * M * (34 - t_a) - 3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * \\ * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)$$

(1)

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 * (M - W) - I_{cl} * \{3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] \\ + f_{cl} ** h_c * (t_{cl} - t_a)\}$$

(2)

$$h_c = \begin{cases} 2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} \text{ for } 2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} > 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \text{ for } 2.38 * |t_{cl} - t_a|^{0.25} < 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

(3)

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 * I_{cl} \text{ for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 * K/W \\ 1,05 + 0,645 * I_{cl} \text{ for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 * K/W \end{cases}$$

(4)

Όπου:

- $M$  είναι ο μεταβολικός ρυθμός ( $W/m^2$ ).
- $W$  είναι η ενεργή μηχανική ισχύς ( $W/m^2$ ).
- $I_{cl}$  είναι η μόνωση του ρουχισμού ( $m^2K/W$ ).
- $f_{cl}$  είναι ο παράγοντας επιφάνειας ρουχισμού.
- $t_a$  είναι η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος ( $^{\circ}C$ ).
- $\bar{t}_r$  είναι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ( $^{\circ}C$ ).
- $v_{ar}$  είναι η σχετική ταχύτητα του αέρα (m/s).
- $p_a$  είναι η μερική πίεση υδρατμού ( $P_a$ ).
- $h_c$  είναι ο συντελεστής συναγωγής μεταφοράς θερμότητας [ $(W/m^2K)$ ].
- $t_{cl}$  είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας ρουχισμού ( $^{\circ}C$ ).

### 3.3 Building Energy Management Tool (BEMAT)

#### 3.3.1 Εισαγωγή BEMAT

Το Building Energy Management Tool (BEMAT) είναι ένα διαδικτυακό λογισμικό υποστήριξης για την ενεργειακή διαχείριση κτιρίων. Αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Ανάπτυξη Λογισμικού Υποστήριξης Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων» για τον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) και αποτελεί την συνέχεια και εξέλιξη προηγούμενου εργαλείου που είχε αναπτυχθεί το 2015. Έχει αναπτυχθεί με Open Source εργαλεία σε Django/Python και βρίσκεται στην ακόλουθη ηλεκτρονική διεύθυνση (URL): <http://energymanagement.epu.ntua.gr/>. Το εργαλείο αυτό δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να μελετήσουν τα ενεργειακά χαρακτηριστικά και την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και βάση αυτών να ενημερωθούν μέσω του εργαλείου για πιθανές δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Στις προτάσεις αυτές εμπεριέχονται και οικονομικές παράμετροι, όπως είναι το κόστος επένδυσης και ο χρόνος απόσβεσης των δράσεων βελτίωσης, καθώς επίσης και ενεργειακές παράμετροι, όπως είναι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.

#### 3.3.2 Μεθοδολογία – Ενεργειακοί Συντελεστές – Οικονομική Δείκτες

Τα δεδομένα, που χρησιμοποιεί το εργαλείο για την ενεργειακή μελέτη των κτιρίων, εισάγονται από τον χρήστη, για το εξεταζόμενο κτίριο, στο διαδικτυακό λογισμικό. Τα δεδομένα αυτά αφορούν τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και των υλικών από τα οποία αποτελείται. Σημαντικό ρόλο για την μελέτη έχουν και τα περιβαλλοντικά δεδομένα, που εξαρτώνται από την τοποθεσία και τον προσανατολισμό του κτιρίου. Ακόμη τα δεδομένα, που χρησιμοποιεί το λογισμικό, χωρίζονται σε αυτά που υπολογίζει το ίδιο και σε αυτά που εισάγει ο χρήστης και αφορούν συντελεστές μόνωσης και ενεργειακών αποδόσεων των υλικών του κτιρίου.

Τα δεδομένα, που εισάγονται από τον χρήστη και αφορούν την ενεργειακή συμπεριφορά είναι συνοπτικά:

- τα τετραγωνικά του κτιρίου και οι διάφοροι χώροι που το απαρτίζουν,
- η μόνωση και τα υλικά, που έχουν χρησιμοποιηθεί μαζί με τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, όπως είναι η επιφάνεια και το πάχος, καθώς και τα μονωτικά τους χαρακτηριστικά μέσα από λίστες του λογισμικού,
- οι ηλεκτρικές καταναλώσεις και οι ηλεκτρικές συσκευές μαζί με τους χρόνους λειτουργίας τους,

- η διεύθυνση του κτιρίου, που ορίζει την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτίριο και
- τα δεδομένα για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.

Με βάση τα παραπάνω, το λογισμικό υπολογίζει τα δεδομένα και τους συντελεστές, που χρειάζεται για την ενεργειακή επιθεώρηση και τις απώλειες του κτιρίου λόγω των υλικών από τα οποία αποτελείται. Τα δεδομένα αυτά είναι:

- **Καταναλώσεις φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών:**  
Κατανάλωση (kWh) = Ισχύς Φορτίου (W) × Πλήθος × Ώρες Λειτουργίας ανά έτος (h) / 1000
- **Καταναλώσεις κλιματισμού ψύξης:**  
Κατανάλωση για ψύξη (kWh) = Πλήθος × Τύπος (Btu) / EER × Ώρες Λειτουργίας Ψύξης ανά έτος (h) / 1000
- **Καταναλώσεις κλιματισμού θέρμανσης:**  
Κατανάλωση για θέρμανση (kWh) = Πλήθος × Τύπος (Btu) / (COP × 3.413) × Ώρες Λειτουργίας Θέρμανσης ανά έτος (h) / 1000
- **Αντίσταση θερμοδιαφυγής:**  
Αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $m^2 \times K/W$ ) =  $\sum_{i=1}^m \frac{\text{Πάχος στρώσεως } d \text{ (m)}}{\text{Συντελεστής θερμ. αγωγιμότητας}}$
- **Αντίσταση θερμοπερατότητας:**  
Αντίσταση θερμοπερατότητας  $1/U$  ( $m^2 \times K/W$ ) = Αντίσταση θερμοδιαφυγής +  $R_i$ (εσωτ.) +  $R_a$ (εξωτ.)
- **Συντελεστής θερμοπερατότητας:**  
Συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  ( $W/(m^2 \times K)$ ) =  $\frac{1}{\text{Αντίσταση θερμοπερατότητας}}$
- **Απώλειες ενέργειας:**  
Ωριαίες απώλειες (kW) = |Επιθυμητή θερμοκρασία – Θερμοκρασία ατμόσφαιρας| × Επιφάνεια × Συντελεστής θερμοπερατότητας / 1000

Μετά τον υπολογισμό των ενεργειακών χαρακτηριστικών και των απωλειών και βάσει αυτών, το λογισμικό υπολογίζει τους οικονομικούς δείκτες, που αφορούν την κάθε προτεινόμενη δράση βελτίωσης ξεχωριστά. Οι δείκτες αυτοί είναι οι εξής:

- **Ετήσιο όφελος:**  
Ετήσιο όφελος = [ (Παλιές ωριαίες απώλειες για θέρμανση – Καινούριες ωριαίες απώλειες για θέρμανση) × ώρες για θέρμανση + (Παλιές ωριαίες απώλειες για ψύξη – Καινούριες ωριαίες απώλειες για ψύξη) × ώρες για ψύξη ] × Κόστος ανά kWh ρεύματος
- **Κέρδος για χειμερινούς και θερινούς μήνες:**  
Κέρδος (€) = (Απώλειες πριν τη θερμομόνωση – Απώλειες μετά τη θερμομόνωση) × Κόστος ανά kWh καυσίμου
- **Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ):**

$$\text{Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) (€)} = - \text{Κόστος επένδυσης} + \sum_{t=1}^N \frac{\text{Όφελος-Λειτουργικά έξοδα}}{(1+i)^t}$$

- **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA):**

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (EBA) = - Κόστος επένδυσης +  $\sum_{t=1}^N \frac{\text{Όφελος-Λειτουργικά έξοδα}}{(1+EBA)^t} = 0$ , όπου ο EBA υπολογίζεται λύνοντας την παραπάνω εξίσωση ως προς την μεταβλητή EBA. Στην πράξη εφαρμόζεται αριθμητική μέθοδος. Αν η ΚΠΑ είναι θετική, τίθεται αρχική τιμή του EBA=0 και δοκιμάζεται στην παραπάνω εξίσωση. Κάθε φορά ο EBA (ποσοστό%) αυξάνει με βήμα 0,001 μέχρις ότου το δεξιά μέρος της παράστασης να προσεγγίσει την τιμή 0 με την επιθυμητή ακρίβεια.

- **Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (EΠΑ):**

$$\text{Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (EΠΑ)} = \frac{- \ln\left(1 - \frac{\text{Κόστος επένδυσης} \times i}{\text{Όφελος-Λειτουργικά έξοδα}}\right)}{\ln(1+i)}$$

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον χρήστη, προσφέροντάς του μια πλήρη εικόνα για το ενεργειακό προφίλ και τις δυνατότητες βελτίωσης του κτιρίου του, σε συνδυασμό με τα οικονομικά δεδομένα, που ακολουθούν την κάθε δράση.

### 3.3.3 Χρήση του BEMAT

Μέσω του ιστότοπου του BEMAT, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ένα λογαριασμό και να τον διαχειρίζεται όποτε επιθυμεί. Στον λογαριασμό του έχει τη δυνατότητα να προσθέσει έργα και μέσα στα έργα, κτίρια της αρεσκείας του. Επίσης έχει την δυνατότητα να εισάγει τις γενικές πληροφορίες του κτιρίου, όπως την επιφάνεια του, την χρήση, την περιγραφή, το έτος κατασκευής, την διεύθυνση, την μόνωση του κτιρίου, την ύπαρξη πιστοποιητικού ενεργειακής κλάσης, τον προσανατολισμό, την συνολική και εξεταζόμενη επιφάνεια, τον αριθμό των ορόφων καθώς και το ύψος, την δόμηση, τις ελεύθερες όψεις, το υψόμετρο, τις ημέρες μη λειτουργίας, το ωράριο λειτουργίας αλλά και πληροφορίες για τον αριθμό των ανθρώπων, που βρίσκονται στο κτίριο.



The image displays three sequential screenshots of a web application interface for building energy management.

- Left Screenshot: Δημιουργία νέου έργου (Creation of new project)**
  - Field: Εισάγετε όνομα για το νέο σας έργο \* (Enter name for your new project) with value: Έργο1
  - Field: Κόστος ανά kWh καυσίμου (€) \* (Fuel cost per kWh) with value: 0,092
  - Field: Κόστος ανά kWh ρεύματος (€) \* (Electricity cost per kWh) with value: 0,156
  - Button: Δημιουργία και προσθήκη κτιρίου (Create and add building)
- Middle Screenshot: Προσθήκη κτιρίου (Building addition)**
  - Text: Εισάγετε τα στοιχεία για την προσθήκη νέου κτιρίου στο έργο Έργο1
  - Section: Στοιχεία κτιρίου (Building details)
  - Field: Επιφάνεια κτιρίου \* (Building area) with value: Σύνολο κτιρίου
  - Field: Χρήση κτιρίου \* (Building use) with value: Νοσοκομείο, Κλινικές
  - Field: Περιγραφή \* (Description) with value: Παράρτημα του Νοσοκομείου «Παιδών Αγίας και Παναγιώτη Κυριακού»
  - Field: Έτος Κατασκευής (Construction year) with value: 1978
  - Field: Διεύθυνση \* (Address) with value: Μεσογείων 24 Αθήνα
  - Field: Μονωμένο (Insulated) with value: Μονωμένο
- Right Screenshot: General building information form**
  - Field: Address with value: Δημητρακοπούλου 50 Αθήνα
  - Field: Μονωμένο (Insulated) with value: Όχι
  - Field: Πιστοποιημένο (Certified) with value: Όχι
  - Field: Ενεργειακή Κλάση (Energy class) with value: -----
  - Field: Προσανατολισμός (Orientation) with value: Δυτικός
  - Field: Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) (Total area) with value: 62
  - Field: Εξεταζόμενη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) \* (Examined area) with value: 62
  - Field: Αριθμός Εξεταζόμενων Ορόφων \* (Number of examined floors) with value: 1

Εικόνα 3.4 “Δημιουργία νέου έργου – Προσθήκη κτιρίου – Γενικές πληροφορίες κτιρίου”

Μετά την δημιουργία νέου έργου και την εισαγωγή των γενικών πληροφοριών, εμφανίζεται η σελίδα «Προφίλ κτιρίου». Εδώ ο χρήστης διαθέτει έξι επιλογές για το έργο του, οι οποίες είναι χωρισμένες σε έξι καρτέλες: «Ενεργειακό προφίλ», «Συστήματα», «Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις», «Σενάρια», «Αποτελέσματα» και «Εικόνες». Στην καρτέλα «Ενεργειακό προφίλ», ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει τις καταναλώσεις του κτιρίου και συγκεκριμένα την πηγή και το ποσό της ενέργειας, αλλά και το χρονικό διάστημα. Στην καρτέλα «Συστήματα» εμφανίζονται τα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου και δίνεται η δυνατότητα πρόσθεσης συστημάτων όπως λέβητα, σύστημα ψύξης, σύστημα θέρμανσης, σύστημα ζεστού νερού χρήσης και ηλιακούς συλλέκτες μαζί με τα χαρακτηριστικά των συστημάτων όπως τύπος, ισχύς, χρονολογία κατασκευής, συντελεστή ενεργειακής επίδοσης ή θερμικού βαθμού απόδοσης, ωράριο λειτουργίας κ.α. Στην καρτέλα «Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις», ο χρήστης εισάγει ομάδες χώρων του κτιρίου με ομοιόμορφη συμπεριφορά φορτίων και οποιόμορφη απαίτηση συνθηκών αέρα και έπειτα επιλέγει να προσθέσει τις ηλεκτρικές καταναλώσεις για τους χώρους αυτούς.

Ηλεκτρικές καταναλώσεις

Αναζήτηση

Θερμική ζώνη	Από	Έως	Κατανάλωση (KWh)	Τύπος
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	1123,20	Φωτισμός
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	432,00	Φωτισμός
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	3340,80	Φωτισμός
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	54,00	Φωτισμός
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	1113,67	Κλιματιστικό
Εξωτερικά Ιατρεία	01/01/2009	31/12/2009	0,67	Συσκευή
Λεβητοστάσιο, ψυχοστάσιο, αποθήκες και τουαλέτες για το κοινό	01/01/2009	31/12/2009	362,88	Φωτισμός
Λεβητοστάσιο, ψυχοστάσιο, αποθήκες και τουαλέτες για το κοινό	01/01/2009	31/12/2009	1740,00	Φωτισμός
Υποδοχή	01/01/2009	31/12/2009	842,40	Φωτισμός
Υποδοχή	01/01/2009	31/12/2009	1419,84	Φωτισμός

Προσθήκη κατανάλωσης

Επιλέξτε θερμική ζώνη:

- Όλες οι ζώνες
- Φωτισμού
- Κλιματιστικού
- Άλλης συσκευής

Εικόνα 3.5 “BEMAT - Ηλεκτρικές Καταναλώσεις”

Στην καρτέλα «Σενάρια» γίνεται η επιλογή των ενεργειακών σεναρίων για την ενεργειακή βελτίωση και εξοικονόμηση ενέργειας, που θέλει να μελετήσει ο χρήστης. Διατίθενται 11 σενάρια βελτίωσης, τα οποία είναι:

- «Εφαρμογή θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας»
- «Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής»
- «Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών»
- «Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων»
- «Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης»
- «Αντικατάσταση κλιματιστικών»
- «Αναβάθμιση συστήματος παραγωγής Z.N.X.»
- «Εγκατάσταση δικτύου φυσικού αερίου»
- «Εγκατάσταση εξωτερικών περσίδων»
- «Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου τεχνητού φωτισμού»
- «Αντικατάσταση λέβητα»

Ενεργειακό προφίλ	Συστήματα	Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις	Σενάρια	Αποτελέσματα	Εικόνες
Σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου					
Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής			Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής	Αναβάθμιση συστήματος παραγωγής Z.N.X.	
			+ Εισαγωγή	+ Εισαγωγή	
Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης			Εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης	Εγκατάσταση δικτύου Φυσικού Αερίου	
			+ Επεξεργασία	+ Εισαγωγή	
Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών			Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών	Εγκατάσταση εξωτερικών περσίδων	
			+ Επεξεργασία	+ Εισαγωγή	
Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων			Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων	Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου τεχνητού φωτισμού	
			+ Εισαγωγή	+ Εισαγωγή	
Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης			Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης	Αντικατάσταση λέβητα	
			+ Εισαγωγή	+ Εισαγωγή	
Αντικατάσταση κλιματιστικών			Αντικατάσταση κλιματιστικών		
			+ Εισαγωγή		

Εικόνα 3.6 “BEMAT - Ενεργειακά Σενάρια”

Μετά την επιλογή του σεναρίου, που επιθυμεί ο χρήστης, συμπληρώνονται τα πεδία αυτού, που αφορούν δεδομένα, όπως είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, η επιφάνεια, η ισχύς των λαμπτήρων κλπ. ανάλογα με το είδος του σεναρίου και τα οικονομικά δεδομένα. Παραδείγματά των τελευταίων αποτελούν το συνολικό κόστος της επένδυσης, το χρονικό διάστημα και η διάρκεια ζωής της, τα λειτουργικά έξοδα ανά έτος και το επιτόκιο αναγωγής, τα οποία χρειάζονται για τον υπολογισμό των ΚΠΑ, ΕΒΑ και ΕΠΑ. Βάσει αυτών, εμφανίζεται στον χρήστη η πιθανότητα από την μια πλευρά, η επένδυση να είναι βιώσιμη και άρα επιθυμητή και αποδεκτή, ή από την άλλη πλευρά μη βιώσιμη και άρα απορριπτέα. Στην καρτέλα «Αποτελέσματα» υπάρχουν συγκεντρωμένα όλα τα δυνατά σενάρια ενεργειακής εξοικονόμησης, τα οποία αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν. Στην τελευταία καρτέλα, με την ονομασία «Εικόνες», ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ανεβάσει φωτογραφίες του κτιρίου.

Ενεργειακό προφίλ	Συστήματα	Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις	Σενάρια	Αποτελέσματα	Εικόνες
					Αναζήτηση <input type="text"/>
Σενάριο	Επένδυση (€)	Όφελος (€)	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (%)	Καθαρά Παρούσα Αξία (€)
Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών	47549,29	8011,22	26	16,50	67613,48
Εγκατάσταση δικτύου Φυσικού Αερίου	6064,00	5330,00	10	87,60	35092,85
Αναβάθμιση συστήματος παραγωγής Ζ.Ν.Χ.	4395,00	3908,74	10	88,70	25787,25
Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτισης	320,00	1100,74	2	244,00	1848,89
Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου φωτισμού	1470,00	315,00	10	15,70	962,35
Αντικατάσταση λέβητα	3500,00	450,00	10	0,60	288,52
Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής	150,00	2,00	5	24,20	153,63
Εγκατάσταση εξωτερικών περσιδών	150,00	30,00	10	13,80	105,91
Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων	100,00	16,22	15	9,60	37,22

Εικόνα 3.7 “BEMAT – Αποτελέσματα”

### 3.4 Παρουσίαση των κτιρίων

Η πιλοτική εφαρμογή πραγματοποιείται στα εξής πέντε δημοτικά κτίρια: στο Σχολείο “Savona Colombo-Pertini” και στη Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus” της Ιταλίας, στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Town Hall” και στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Theatre” της Ισπανίας και τέλος στο Δημαρχείο Ζάανσταντ “Zaanstad Town Hall” της Ολλανδίας. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κτίρια και κάποια βασικά δεδομένα, που αφορούν την λειτουργία τους.

#### 3.4.1 Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”, Ιταλία

Το σχολείο Colombo-Pertini κατασκευάστηκε το 1957 στην Σαβόνα στη βορειοδυτική Ιταλία και η συνολική επιφάνειά του είναι 6.092 τ.μ. Η περιοχή αυτή έχει μεσογειακό κλίμα με μέση

θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας περίπου 19° C και 12° C την νύχτα (Wikipedia, 2017 γ). Βροχή παρουσιάζεται κυρίως το φθινόπωρο ενώ τα καλοκαίρια το κλίμα είναι γενικά ξηρό. Οι ώρες ηλιοφάνειας είναι συνολικά πάνω από 2.097 ανά έτος, με μέσο όρο 4 ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα το χειμώνα και 9 ώρες το καλοκαίρι.



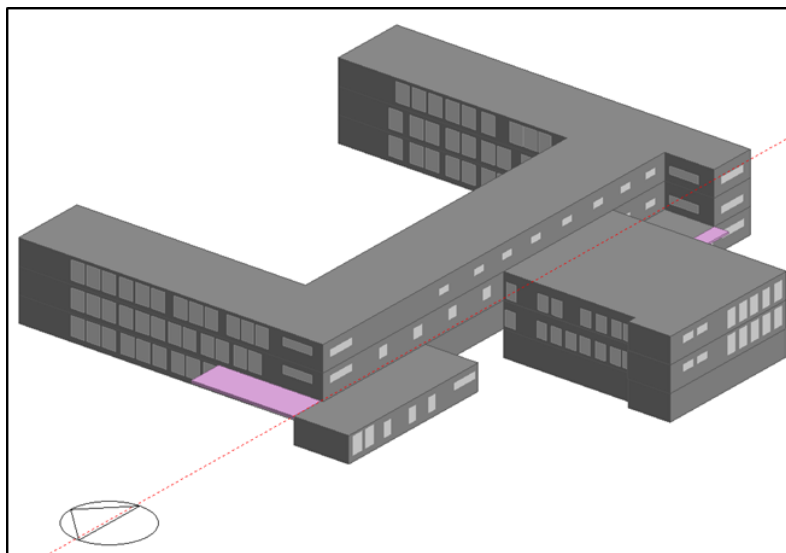
Εικόνα 3.8 “Γραφική Παράσταση μέσης Θερμοκρασίας και Μέσης Ηλιοφάνειας της πόλης Σαβόνα για ένα χρόνο (WorldWeatherOnline.com)”

Το κτίριο χωρίζεται στις παρακάτω πέντε κύριες ζώνες ανάλογα με την χρήση: αίθουσες διδασκαλίας, καντίνα, διάδρομοι, γυμναστήριο και γραφεία.



Εικόνα 3.9 “Σχολείο Colombo-Pertini στη Σαβόνα”





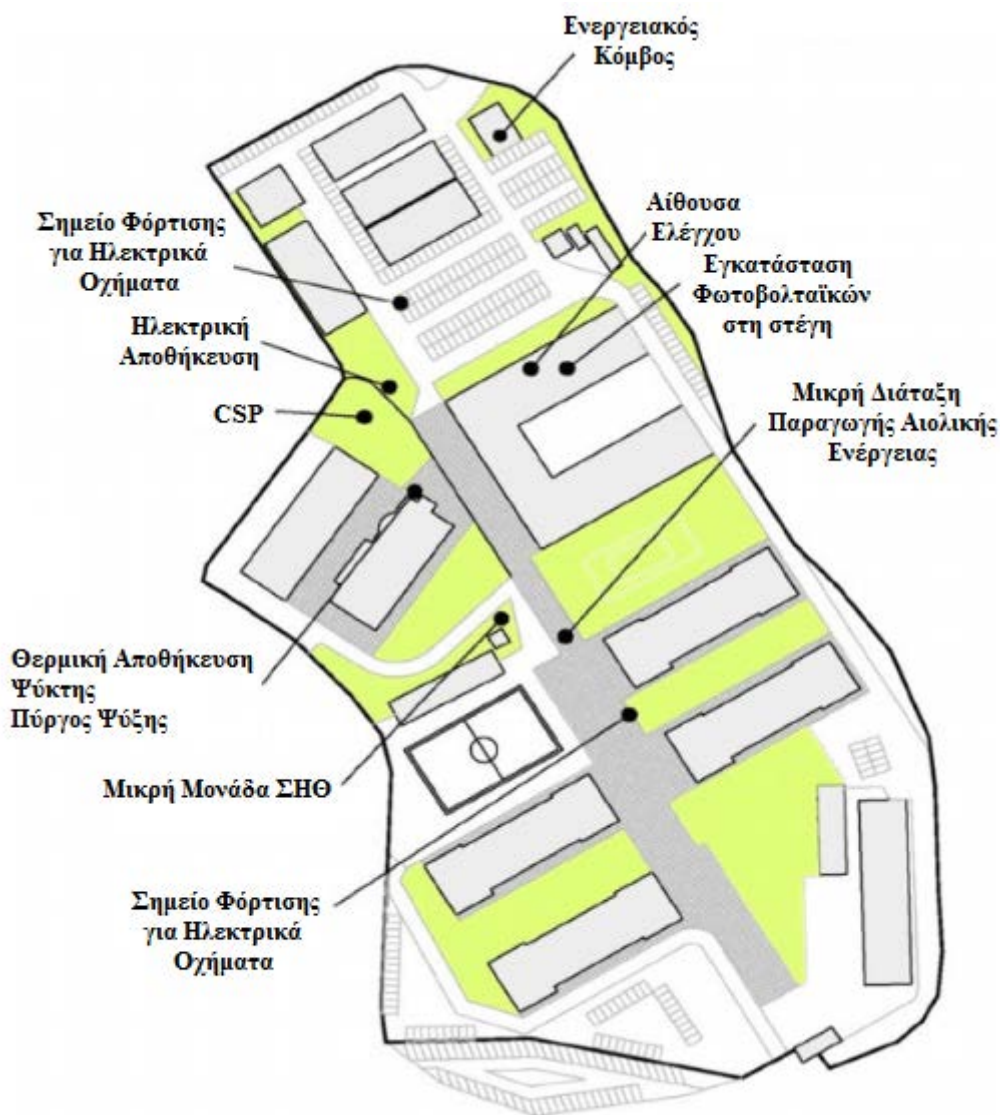
Εικόνα 3.10 “Γεωμετρικό Μοντέλο του Σχολείου Colombo-Pertini στη Σαβόνα”

### 3.4.2 Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus”, Ιταλία

Στην Σαβόνα βρίσκεται επίσης η πανεπιστημιούπολη ενός παραρτήματος του πανεπιστημίου της Γένοβας (University of Genova). Ιδρύθηκε το 1992 και εκτείνεται σε 21.500 τ.μ. (Impact Analysis Report, Deliverable 4.7, Optimus DSS). Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής είναι τα ίδια με του σχολείου Colombo-Pertini στη Σαβόνα και παρουσιάζονται παραπάνω. Τα κτίριά του αποτελούνται κυρίως από αίθουσες διδασκαλίας και διαδρόμους.



Εικόνα 3.11 “Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας (Savona Campus)”



Σχήμα 3.10 “Χάρτης της Πανεπιστημιούπολης της Σαβόνας και Τοποθεσίες Διάφορων Συστημάτων”

### 3.4.3 Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ ‘Sant Cugat Town Hall’, Ισπανία

Το δημαρχείο του Σαν Κουγκάτ (Sant Cugat) της Ισπανίας βρίσκεται βόρεια της Βαρκελώνης στην Καταλονία. Χτίστηκε το 2007 και καλύπτει έκταση 8.593 τ.μ. (Impact Analysis Report, Deliverable 4.7, Optimus DSS). Στην περιοχή αυτή υπάρχει υγρό υποτροπικό κλίμα με ήπιους δροσερούς χειμώνες και ζεστά, αποπνικτικά καλοκαίρια με υψηλή υγρασία (Wikipedia, 2017 δ). Η μέση θερμοκρασία φτάνει τους 20 °C την ημέρα και τους 11 °C τη νύχτα. Η μέση θερμοκρασία και ηλιοφάνεια της πόλης παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις παρακάτω.

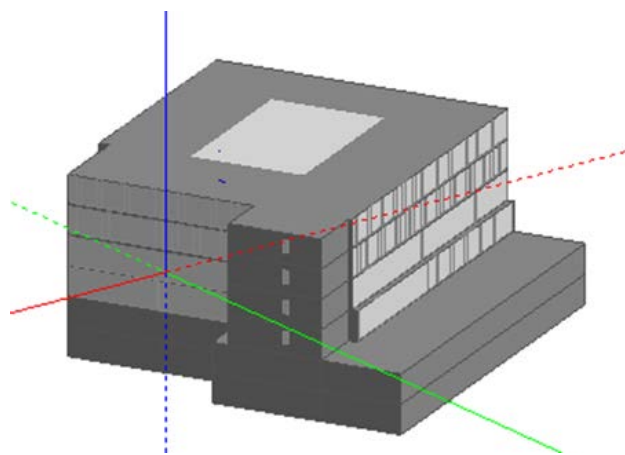




Εικόνα 3.12 “Γραφική Παράσταση Μέσης Θερμοκρασίας και Μέσης Ηλιοφάνειας της Πόλης Σαν Κουγάτ για ένα χρόνο (Impact Analysis Report, Deliverable 4.7, Optimus DSS)”



Εικόνα 3.13 “Δημαρχείο του Σαν Κουγάτ”



Εικόνα 3.14 “Γεωμετρικό Μοντέλο του Δημαρχείου του Σαν Κουγάτ”

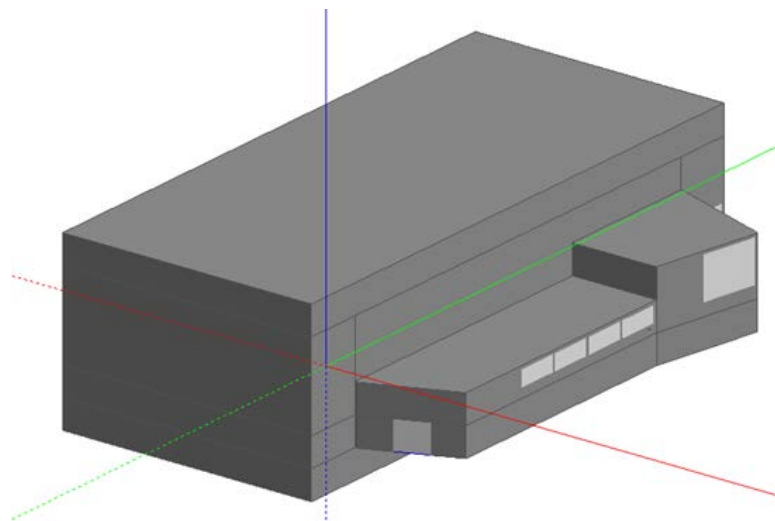
Το κτίριο χωρίζεται στις παρακάτω τέσσερις κύριες ζώνες ανάλογα με την χρήση: γραφεία, αίθουσες συνεδριάσεων, δημόσιοι χώροι και αποδυτήρια προσωπικού.

#### 3.4.4 Θέατρο Σαν Κουγάτ “Sant Cugat Theatre”, Ισπανία

Κοντά στο δημαρχείο του Σαν Κουγάτ βρίσκεται και το θέατρο του Σαν Κουγάτ. Χτίστηκε το 1993 και καλύπτει έκταση 5.615 τ.μ. Το κτίριο αποτελείται κυρίως από το αμφιθέατρο, που θεωρείται η μοναδική κύρια ζώνη.



Εικόνα 3.15 “Θέατρο του Σαν Κουγάτ”

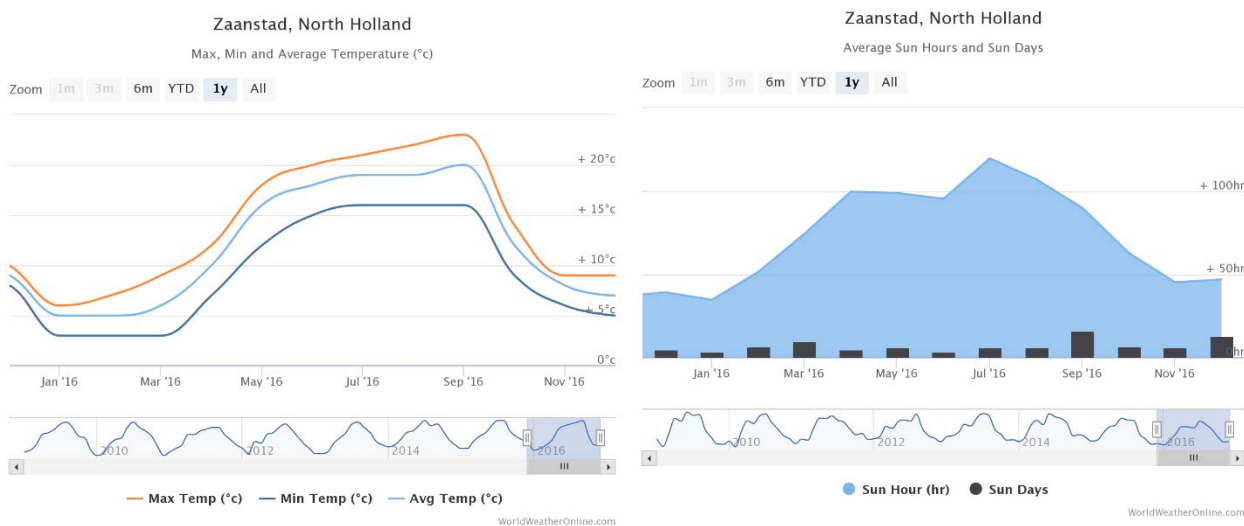


Εικόνα 3.16 “Γεωμετρικό Μοντέλο του Θεάτρου του Σαν Κουγάτ”



### 3.4.5 Δημαρχείο Ζάανσταντ ‘Zaanstad Town Hall’, Ολλανδία

Το δημαρχείο του δήμου Zaanstad στην βόρεια Ολλανδία, βορειοδυτικά του Amsterdam, χτίστηκε το 2011 και αποτελείται από ένα σύμπλεγμα κτιρίων με συνολική επιφάνεια 18.531 τ.μ. Η περιοχή αυτή έχει ωκεάνιο κλίμα, που χαρακτηρίζεται από κρύα και υγρά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία και ηλιοφάνεια του δήμου παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις παρακάτω.

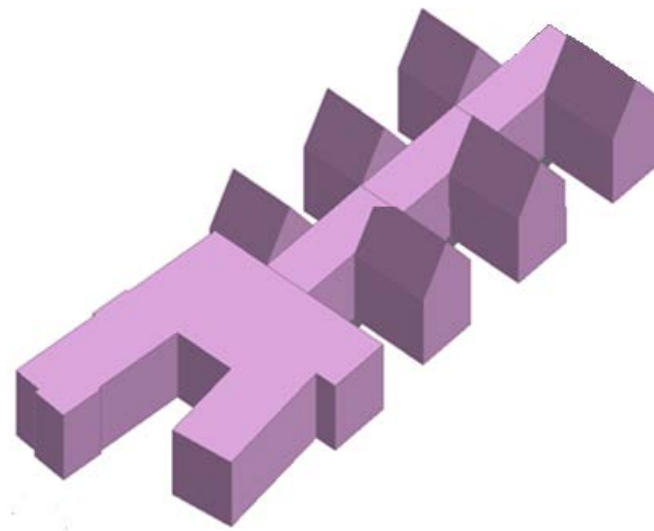


Εικόνα 3.17 “Γραφική Παράσταση Μέσης Θερμοκρασίας και Μέσης Ηλιοφάνειας του Δήμου Zaanstad για ένα χρόνο”

Τα κτίρια χωρίζονται σε δύο αντιπροσωπευτικές ζώνες, τις αίθουσες γραφείων και τους διάδρομους.



Εικόνα 3.18 “Δημαρχείο του Zaanstad”



Εικόνα 3.19 “Γεωμετρικό Μοντέλο του Δημαρχείου του Zaanstad”

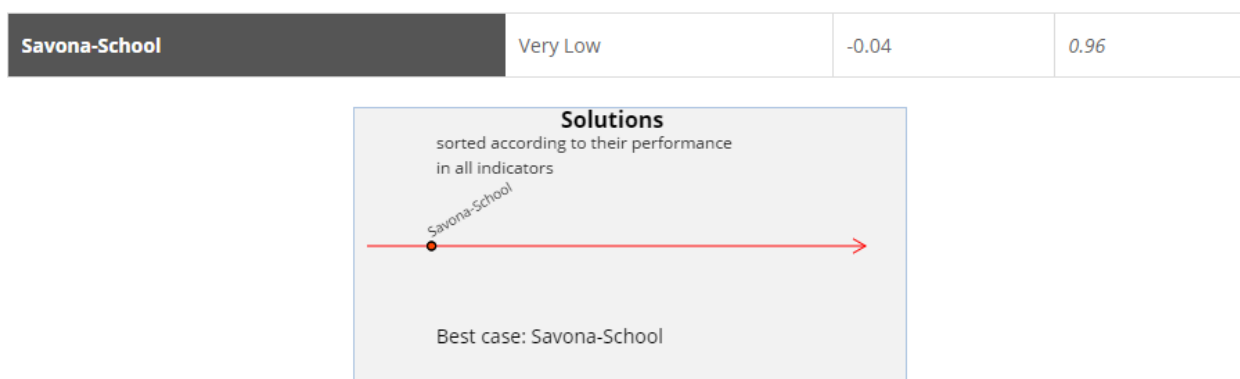
## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα Εφαρμογής e-SCEAF, TCV και BEMAT

### 4.1 Αποτελέσματα e-SCEAF προ εφαρμογής δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Στη παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις από την εφαρμογή του e-SCEAF για τα πέντε υπό μελέτη κτίρια. Η εφαρμογή του e-SCEAF παρέχει μια αξιολόγηση ενός κτιρίου όσον αφορά τις ενεργειακές του επιδόσεις, κρίνοντας πόσο «έξυπνο» είναι το κτίριο σε σχέση με τους τρεις βασικούς άξονες, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο “3.1 Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF)”.

#### 4.1.1 Εφαρμογή e-SCEAF στο Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”

Για την υλοποίηση της αξιολόγησης στο σχολείο Savona Colombo-Pertini υποβλήθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα του κτιρίου στο ερωτηματολόγιο του e-SCEAF, μέσω ενός περιηγητή Ιστού (Web browser) στην ηλεκτρονική διεύθυνση (URL): <http://sceaf.optimus-smartcity.eu/sceaf>. Τα δεδομένα αυτά εμφανίζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο Παραρτήματα (Πίνακας Π1). Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, όπως εμφανίζονται στο εργαλείο.



Εικόνα 4.1 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Σχολείου της Σαβόνας στο e-SCEAF”

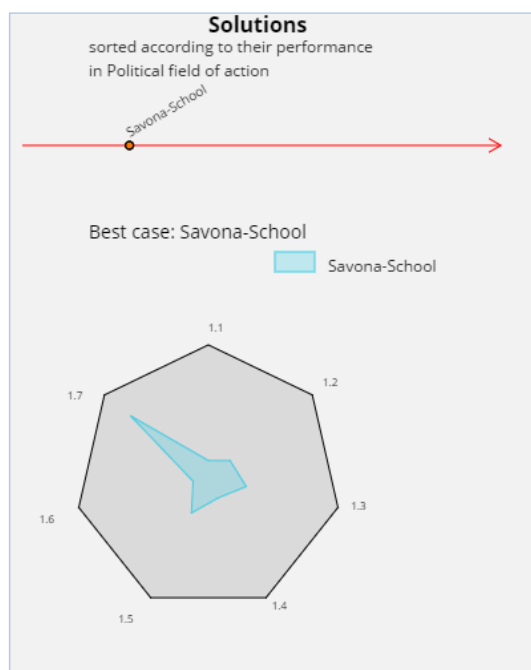
Στο πρώτο πεδίο, δίνεται η γενική αξιολόγηση του κτιρίου για τους τρεις άξονες και η ταξινόμηση του επάνω σε μια συγκριτική κλίμακα, όπου εμφανίζονται τα κτίρια κατά αυξανόμενη σειρά, βασισμένη στην ενεργειακή τους απόδοση. Στο σημείο αυτό εμφανίζεται μόνο το κτίριο του σχολείου της Σαβόνας, πριν την εφαρμογή δράσεων βελτίωσης για την ενεργειακή διαχείριση και την ενεργειακή του απόδοση. Συγκεκριμένα παρατηρούμε, πως η τιμή της ενεργειακής απόδοσης, όπως εμφανίζεται και στον παραπάνω πίνακα αξιολόγησης, είναι “πολύ χαμηλή (Very Low), -0,04 και 0,96”. Η τιμές αυτές αναφέρονται στην τελική βαθμολογία και προκύπτουν από το σύνολο των τριών αξόνων αξιολόγησης. Από το

αποτέλεσμα αυτό εξάγεται το συμπέρασμα, ότι το κτίριο παρουσιάζει χαμηλές προδιαγραφές και χαμηλή απόδοση, γεγονός το οποίο οφείλεται στα κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά αλλά και στην ελλιπή χρήση προηγμένων «έξυπνων» τεχνολογιών για την καλύτερη λειτουργία του. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι βαθμολογίες για κάθε άξονα ξεχωριστά και το σύνολο των δεικτών στον κάθε άξονα αξιολόγησης.

Μετά την υλοποίηση των βελτιωτικών δράσεων, ακολουθεί μια δεύτερη εφαρμογή του εργαλείου, η οποία θα εμφανίσει μια δεύτερη αξιολόγηση του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο μας δίνεται η δυνατότητα να συγκρίνουμε την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, τόσο μέσω της συγκριτικής κλίμακας όσο και μέσω των δεικτών. Η σύγκριση αυτή θα μας οδηγήσει στην διεξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και κατ' επέκταση για την αποτελεσματικότητα των δράσεων, που προτάθηκαν από τα εργαλεία TCV και BEMAT.

Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας

Indicator	Savona-School
1.1	0.12
1.2	0.2
1.3	0.29
1.4	0.16
1.5	0.29
1.6	0.11
1.7	0.75

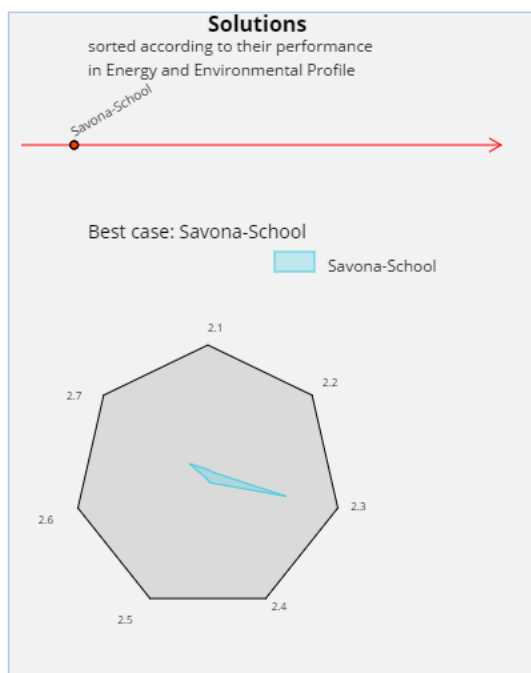


Εικόνα 4.2 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Για τον άξονα της “Στρατηγικής”, παρατηρούνται πολύ χαμηλές τιμές για τους δείκτες 1.1 έως 1.6 και κατά συνέπεια χαμηλή απόδοση στους αντίστοιχους τομείς. Οι τομείς αυτοί αφορούν κυρίως στόχους μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης και μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, αλλά και στόχους για τη συμμετοχή ΑΠΕ στην παραγωγή της ενέργειας. Εκτός των άλλων, λαμβάνονται υπόψη τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα της επίτευξης των στόχων αυτών και το κατά πόσο τα αποτελέσματα αυτά ανταποκρίνονται στις προθέσεις και στα ορόσημα, που τέθηκαν για το 2020. Ο μόνος δείκτης, που πετυχαίνει υψηλή βαθμολογία, δηλαδή ο δείκτης 1.7, αφορά κεφάλαια, που επενδύονται και διατίθενται για την προώθηση και αύξηση της συμμετοχής ΑΠΕ στην παραγωγή καθώς και για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Η ανάλυση αυτή επιδεικνύει ότι, ενώ γίνονται επενδύσεις στους σωστούς τομείς, αυτές δεν αποδίδουν στον βαθμό που επιβάλλεται, για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν οριστεί.

**Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό προφίλ.**

Indicator	Savona-School
2.1	0.06
2.2	0.06
2.3	0.6
2.4	0.03
2.5	0
2.6	0
2.7	Very Low

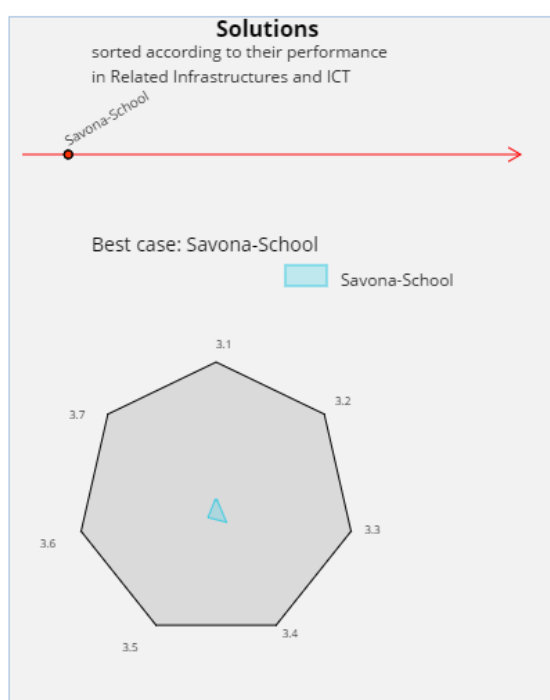


Εικόνα 4.3 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα ‘Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ’ μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Για τον άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ”, παρατηρούμε ένα ακόμη μικρότερο εμβαδόν του εσωτερικού πολυγώνου, που εκφράζει την απόδοση του κτιρίου, συγκριτικά με το εξωτερικό πολύγωνο, το οποίο αντιστοιχεί σε ένα «αδανικό» κτίριο. Οι δείκτες, που διαμορφώνουν το ενεργειακό και περιβαλλοντικό προφίλ, αναφέρονται κυρίως στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου και στους συντελεστές, που μπορούν να επηρεάσουν την κατανάλωση αυτή, όπως είναι η παραγωγή από ΑΠΕ, η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και τέλος η αξιοποίηση των καιρικών συνθηκών για την βέλτιστη χρήση της ενέργειας. Ο μόνος δείκτης, που δεν είναι πολύ χαμηλός, είναι ο δείκτης 2.3, γεγονός το οποίο οφείλεται στην συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση, έχοντας όμως μεγάλα περιθώρια για περαιτέρω συμμετοχή.

Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ

Indicator	Savona-School
3.1	Insignificant
3.2	0
3.3	Insignificant
3.4	0.17
3.5	0.13
3.6	Insignificant
3.7	Insignificant



Εικόνα 4.4 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

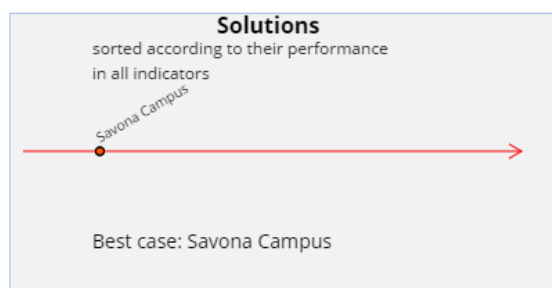
Το τελευταίο πεδίο απεικονίζει την απόδοση του κτιρίου στον τομέα των τεχνολογιών παρακολούθησης ενεργειακών συστημάτων, συστημάτων πρόβλεψης και άλλων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας που διευκολύνουν τον έλεγχο και την διαχείριση των κτιρίων. Τέτοια συστήματα αυτοματισμού και διαχείρισης πληροφοριών βρίσκουν ολοένα μεγαλύτερη εφαρμογή σε ολοκληρωμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και διασυνδέουν κτίρια, άτομα και χρήστες, εφαρμόζοντας «έξυπνες λύσεις» για την ενεργειακή διαχείριση. Ένα μέρος των συστημάτων και τεχνολογιών αυτών είναι το διαδίκτυο των πραγμάτων, ενσωματώνοντας έτσι και τα τοπικά εργαλεία παρακολούθησης του κτιρίου, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας, στο ευρύτερο δίκτυο ελέγχου και παρακολούθησης των κτιρίων. Παρατηρούμε στον τομέα αυτό σχεδόν μηδαμινή επιρροή και χρήση αντίστοιχων

λύσεων, με αποτέλεσμα την ύπαρξη πολύ χαμηλής βαθμολογίας. Η βαθμολογία αυτή είναι αναμενόμενη, εφόσον στην εισαγωγή των δεδομένων για το ερωτηματολόγιο παρατηρείται σε πολλά σημεία να μην γίνεται χρήση τέτοιων συστημάτων και να μην λαμβάνονται υπόψη τα παραπάνω στοιχεία, κατά τον σχεδιασμό δράσεων για την διαχείριση του κτιρίου. Εξαιρέση αποτελεί ένα μόνο σύστημα παρακολούθησης των συνθηκών του περιβάλλοντος.

#### 4.1.2 Εφαρμογή e-SCEAF στην Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus”

Η αξιολόγηση της πανεπιστημιούπολης της Σαβόνας μέσω του e-SCEAF έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα. Η ανάλυση χωρίζεται και πάλι στους τρεις άξονες αξιολόγησης και τα χρησιμοποιηθέντα δεδομένα υπάρχουν σε πίνακα στο κεφάλαιο Παράρτημα.

<b>Savona Campus</b>	Very Low	0.14	1.14
----------------------	----------	------	------



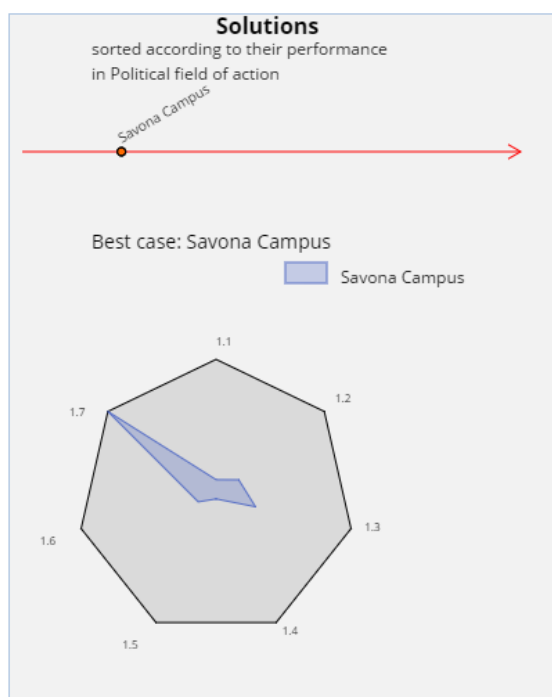
Εικόνα 4.5 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης της Πανεπιστημιούπολης της Σαβόνας στο e-SCEAF”

Παρατηρούμε ανάλογα δυσμενής βαθμολογία με αυτή του σχολείου της Σαβόνας, αποδίδοντας στην πανεπιστημιούπολη “πολύ χαμηλή (Very Low), 0,14 και 1,14”. Κρίνοντας από τον δεύτερο και τρίτο δείκτη καταλαβαίνουμε ότι η ενεργειακή απόδοση της πανεπιστημιούπολης είναι ελαφρώς καλύτερη του σχολείου αλλά με τεράστια περιθώρια βελτίωσης.



Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας

Indicator	Savona Campus
1.1	0.12
1.2	0.2
1.3	0.29
1.4	0
1.5	0
1.6	0.12
1.7	1

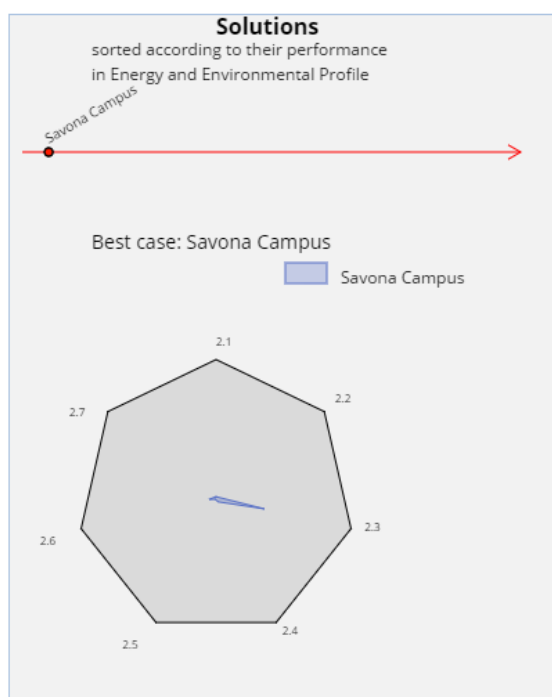


Εικόνα 4.6 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Ο πρώτος άξονας της αξιολόγησης παρουσιάζει πολύ χαμηλές τιμές για τους δείκτες που τον διαμορφώνουν, όπως και αναμέναμε βάσει της γενικής αξιολόγησης. Σε αυτό το σημείο κρίνονται οι στόχοι που έχουν τεθεί για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και για την αντικατάσταση συμβατικών πηγών ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Επίσης αξιολογείται η πρόοδος που διαγράφεται προς την επίτευξη αυτών. Ομολόγως με το σχολείο της Σαβόνας επενδύονται μεγάλα ποσά για την ενέργεια και την προσπάθεια βελτίωση της κατανάλωσης, πράγμα το οποίο εκφράζεται μέσω του δείκτη 1.7, ο οποίος εμφανίζει “ιδανικό (πράσινο)” χαρακτηρισμό.

**Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό προφίλ.**

Indicator	Savona Campus
2.1	0
2.2	0
2.3	0.35
2.4	0.02
2.5	0
2.6	0.04
2.7	Insignificant

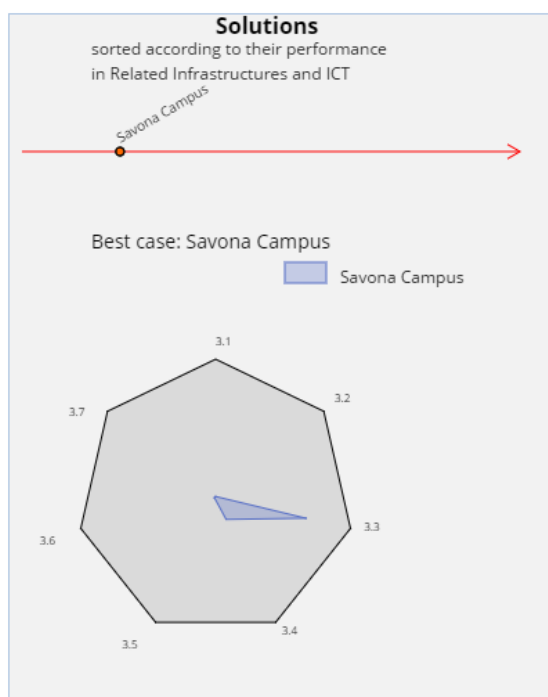


Εικόνα 4.7 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Η ανάλυση του δεύτερου άξονα, του “ενεργειακού και περιβαλλοντικού προφίλ”, δίνει αρνητική εικόνα για όλους τους δείκτες που τον απαρτίζουν. Όλοι οι δείκτες είναι στο μηδέν ή πολύ κοντά στο μηδέν, με μόνη εξαίρεση των δείκτη 2.3 ο οποίος παίρνει ελαφρώς μεγαλύτερη βαθμολογία. Ο δείκτης αυτός αξιολογεί το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση μέχρι το 2020. Οι υπόλοιποι δείκτες αξιολογούν ενεργειακούς συντελεστές όπως ΣΗΘ, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, την παρούσα συμμετοχή των ΑΠΕ και την αξιοποίηση των καιρικών συνθηκών προς όφελος της ενεργειακής εξοικονόμησης.

Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ

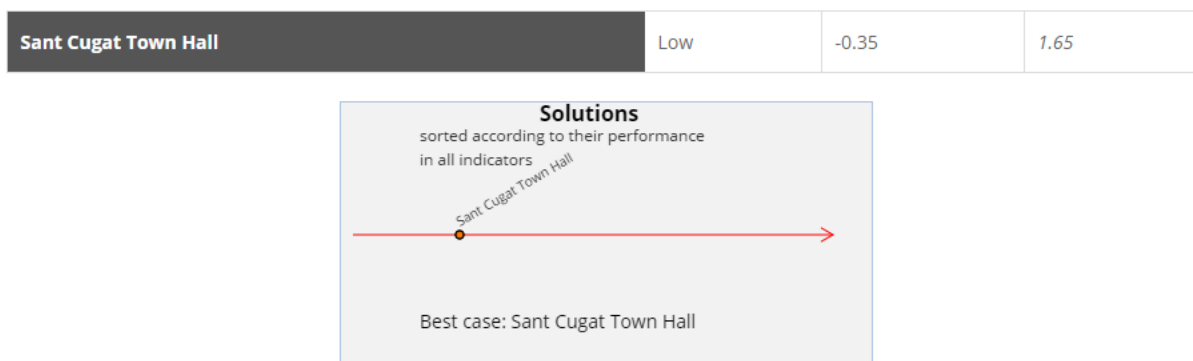
Indicator	Savona Campus
3.1	Insignificant
3.2	0
3.3	High
3.4	0.17
3.5	0
3.6	Insignificant
3.7	Insignificant



Εικόνα 4.8 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

#### 4.1.3 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ

Αντίστοιχα με την εφαρμογή του e-SCEAF στο σχολείο Savona Colombo-Pertini και στην πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας πραγματοποιήθηκε και η αξιολόγηση του δημαρχείου του Sant Cugat. Τα δεδομένα, που εισήχθησαν για την εφαρμογή, διατίθενται στον Πίνακα Π1 στο κεφάλαιο Παράρτημα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης χωρίζονται ομοίως σε τέσσερα πεδία. Το πρώτο εμφανίζει την τελική απόδοση και βαθμολογία του κτιρίου συνολικά και για τους τρεις άξονες και τα επόμενα τρία την απόδοση για τον κάθε άξονα ξεχωριστά.

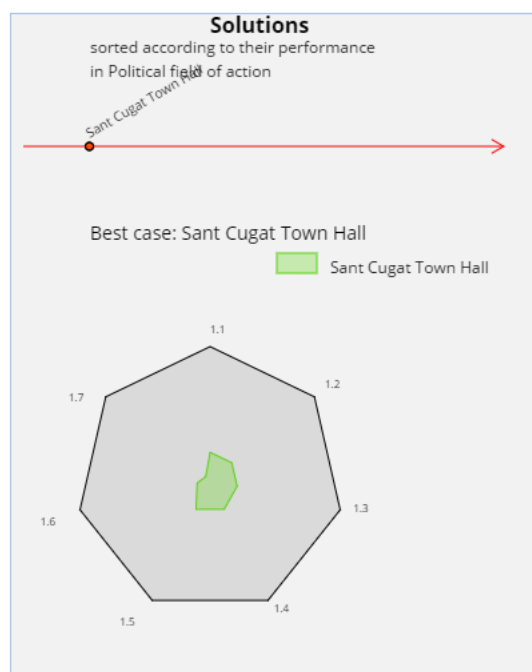


Εικόνα 4.9 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Δημαρχείου του Sant Cugat στο e-SCEAF”

Σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα παρατηρείται, ότι η τιμή απόδοσης του δημαρχείου εμφανίζεται ως ‘χαμηλή(Low), και συγκεκριμένα με τιμές -0,35 και 1,65’, γεγονός το οποίο δηλώνει αναποτελεσματική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Μετά την δεύτερη εφαρμογή των βελτιωτικών δράσεων στο κτίριο, θα επαναληφθεί η αξιολόγηση, παρέχοντάς μας συγκριτικά αποτελέσματα. Παρακάτω εμφανίζονται αναλυτικότερα, οι αξιολογήσεις ανά άξονα, από τις οποίες προκύπτει η συνολική βαθμολογία.

Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας

Indicator	Sant Cugat Town Hall
1.1	0.2
1.2	0.2
1.3	0.2
1.4	0.24
1.5	0.24
1.6	0.09
1.7	0.03



Εικόνα 4.10 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Στον πρώτο άξονα, ο οποίος αναφέρεται στην “Στρατηγική”, βαθμολογούνται οι στόχοι μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, καθώς και τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα που αφορούν τους τομείς αυτούς. Επιπλέον λαμβάνονται υπόψη κεφάλαια, που επενδύονται για την επίτευξη των στόχων αυτών. Όπως διακρίνουμε από τους δείκτες, οι προσπάθειες βελτίωσης δεν είναι ικανοποιητικές, αποφέροντας έτσι χαμηλή ανταποκρισιμότητα, το οποίο είναι φανερό και από το εμβαδόν του πολυγώνου, που σχηματίζεται από τους δείκτες του κτιρίου.

**Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό προφίλ.**

Indicator	Sant Cugat Town Hall
2.1	0.05
2.2	0
2.3	0
2.4	0.01
2.5	0
2.6	0
2.7	Medium

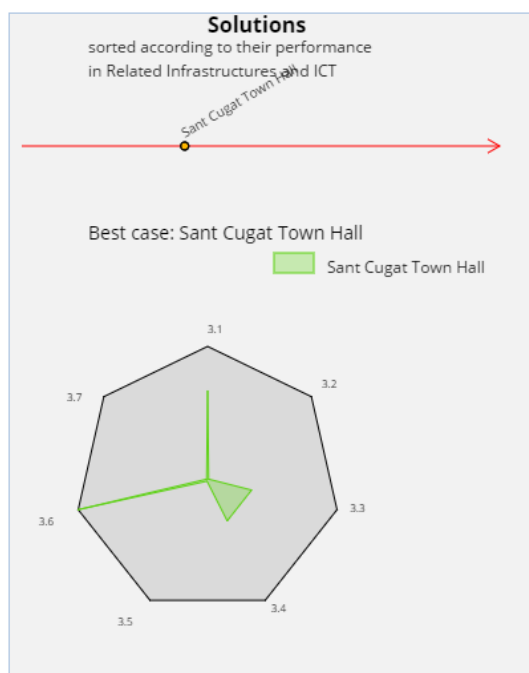


Εικόνα 4.11 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Ο άξονας “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” εκφράζει το πόσο ενεργειακά αποδοτικό είναι το κτίριο και κατά πόσο εφαρμόζονται τεχνικές εξοικονόμησης, όπως είναι η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, η ικανότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, κ.ά. Η βαθμολογία των δεικτών 2.1 έως 2.6 είναι μηδενική ή σχεδόν μηδενική, προβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο την έλλειψη εφαρμογής των τεχνολογιών αυτών. Εξαιρεση αποτελεί ο δείκτης 2.7, που λαμβάνει “μέτρια” βαθμολογία, ο οποίος εξαρτάται από την αξιοποίηση των καιρικών συνθηκών, που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση και αποτελούν επιπλέον συνιστώσα κατά την διαχείριση ενός κτιρίου.

Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ

Indicator	Sant Cugat Town Hall
3.1	High
3.2	0
3.3	Low
3.4	0.33
3.5	0
3.6	Optimus
3.7	Insignificant



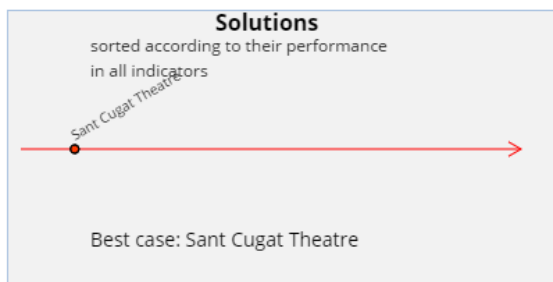
Εικόνα 4.12 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Όσον αφορά, τον τελευταίο άξονα, που αναφέρεται στην ενσωμάτωση και χρήση ενεργειακών συστημάτων και συστημάτων εποπτείας, όπως και στην αξιοποίηση των μέσων κοινωνικών δικτύωσης και της άποψης των χρηστών των εγκαταστάσεων, παρατηρείται μια ιδανική βαθμολογία για τους δύο δείκτες και πολύ χαμηλές βαθμολογίες για τους υπόλοιπους. Συγκεκριμένα ο δείκτης 3.1 και 3.6 λαμβάνουν “πολύ υψηλή” και “ιδανική” βαθμολογία αντίστοιχα. Οι συγκεκριμένοι δείκτες αναφέρονται στην ύπαρξη και χρήση συστημάτων παρακολούθησης BEMS και BACS, όπως και στην ύπαρξη μέσων κοινωνικής δικτύωσης. Χαμηλή βαθμολογία κατέχουν και οι δείκτες 3.3 και 3.4. Ο δείκτης 3.3 εκφράζει την ύπαρξη συστημάτων πρόβλεψης της θερμοκρασίας και της ενεργειακής κατανάλωσης και παραγωγής, ενώ αντίθετα ο δείκτης 3.4 την ευελιξία εναλλαγής μεταξύ παρόχων ενέργειας ανάλογα με την διαμόρφωση της τιμής της και των αιχμών κατανάλωσης.

#### 4.1.4 Εφαρμογή e-SCEAF στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ

Η τρίτη κατά σειρά εφαρμογή του εργαλείου e-SCEAF υλοποιήθηκε στο κτίριο του θεάτρου του Sant Cugat. Στο κεφάλαιο Παράρτημα παρατίθενται τα δεδομένα του κτιρίου, όπως ακριβώς χρησιμοποιήθηκαν κατά την υλοποίηση της αξιολόγησης. Η συνολική αλλά και οι επιμέρους βαθμολογίες ανά άξονα παρουσιάζονται παρακάτω..

<b>Sant Cugat Theatre</b>	Very Low	-0.2	0.8
---------------------------	----------	------	-----



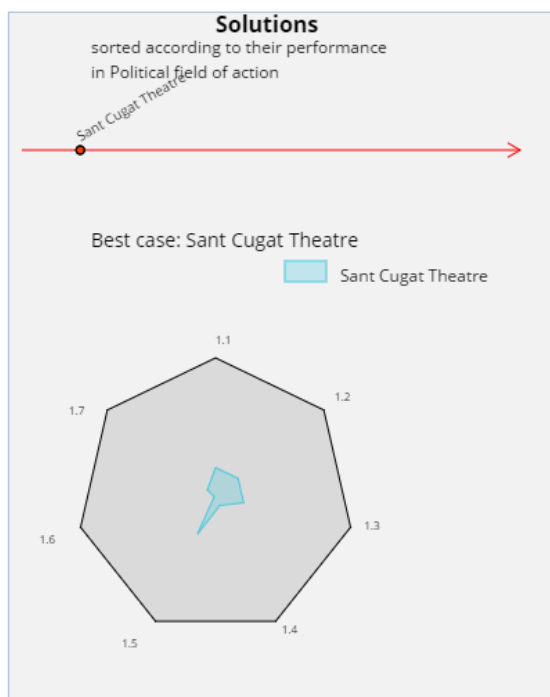
Εικόνα 4.13 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Θεάτρου του Sant Cugat στο e-SCEAF”

Από τους πίνακες μπορούμε να διαπιστώσουμε, πως η συνολική απόδοση του θεάτρου λαμβάνει την βαθμολογία “πολύ χαμηλή (Very Low), με τιμές -0,2 και 0,8”. Αυτό σημαίνει, με άλλα λόγια, πως το κτίριο κατέχει πολύ χαμηλά επίπεδα ενεργειακής κλάσης, με μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Με την ανασκόπηση των βαθμολογιών ανά άξονα, εμφανίζονται οι τομείς, που πάσχουν περισσότερο και έτσι δίνεται μια εικόνα για τα σημεία, που επιδέχονται βελτίωση.



Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας

Indicator	Sant Cugat Theatre
1.1	0.2
1.2	0.2
1.3	0.2
1.4	0.06
1.5	0.29
1.6	0
1.7	0.07

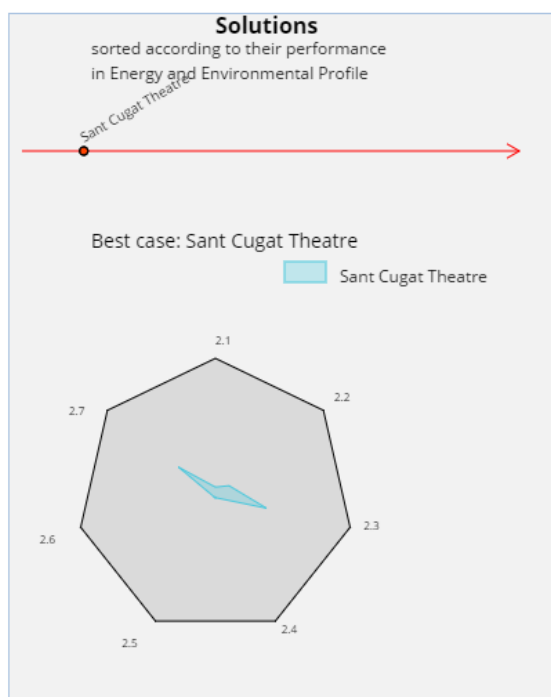


Εικόνα 4.14 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Σύμφωνα με τον άξονα “Στρατηγικής” παρατηρούμε πως και στους επτά δείκτες, που τον διαμορφώνουν, υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Η βελτίωση αυτή αναφέρεται και απαιτείται για τους στόχους, που έχουν τεθεί για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επιπλέον αξιολογούνται τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα της εφαρμογής των στόχων και τα κεφάλαια, που επενδύονται για την επίτευξη τους καθώς και για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Παρατηρούμε, ότι συνολικά επιχειρούνται κάποιες προσπάθειες βελτίωσης, οι οποίες όμως δεν επιφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα, οδηγώντας στην ανάγκη για επιπλέον δράσεις εξοικονόμησης και αύξησης της απόδοσης.

**Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό προφίλ**

Indicator	Sant Cugat Theatre
2.1	0.06
2.2	0.12
2.3	0.37
2.4	0
2.5	0
2.6	0
2.7	Low

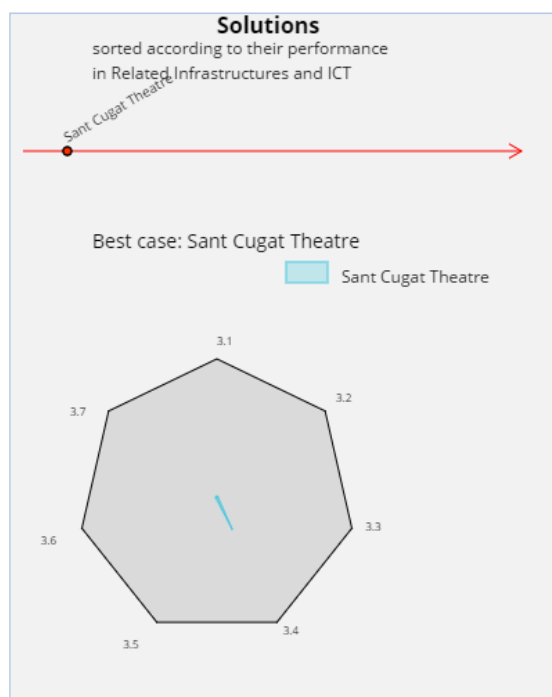


Εικόνα 4.15 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Στον δεύτερο άξονα της αξιολόγησης, και συγκεκριμένα στον άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ”, διαπιστώνουμε την ύπαρξη πολύ χαμηλών τιμών για τους δείκτες 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6 και χαμηλών για τους 2.3 και 2.7. Οι πρώτοι προβάλλουν τις αδυναμίες όσον αφορά στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Από τους δείκτες 2.4, 2.5 και 2.6 συμπεραίνουμε, ότι η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ, η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας και το ποσοστό συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας δεν ικανοποιούν τα προσδοκώμενα επίπεδα. Από την άλλη πλευρά, παρατηρούνται, πρώτον, χαμηλές βαθμολογίες για τον συντελεστή εκπομπών CO<sub>2</sub> και δεύτερον χαμηλή αξιοποίηση των καιρικών δεδομένων κατά τον σχεδιασμό της διαχείρισης των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ

Indicator	Sant Cugat Theatre
3.1	Insignificant
3.2	0
3.3	Insignificant
3.4	0.25
3.5	0
3.6	Insignificant
3.7	Insignificant



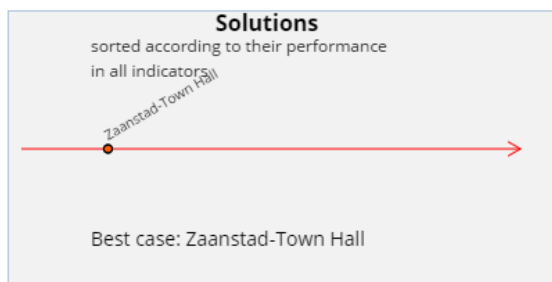
Εικόνα 4.16 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Στον τελευταίο άξονα, σύμφωνα με τους πίνακες, όπου αξιολογείται η επιρροή και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών, όπως είναι τα εκσυγχρονισμένα ενεργειακά συστήματα και τα συστήματα εποπτείας και παρακολούθησης, φανερώνεται ακριβώς η έλλειψη τους. Ο λόγος ύπαρξης τέτοιων συστημάτων είναι σημαντικός, καθώς δίνει την δυνατότητα βελτιστοποίησης της ενεργειακής χρήσης και της διαχείρισης των πληροφοριών, που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά συνέπεια και η πολύ χαμηλή βαθμολογία του κτιρίου στις “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ”. Ο μόνος δείκτης, ο οποίος εμφανίζει μια μικρή διαφορά, αναφέρεται στην αποτελεσματική εναλλαγή μεταξύ των παρόχων ενέργειας, για την εκμετάλλευση αιχμών κατανάλωσης και της αγοράς ενέργειας, για χαμηλότερες τιμές.

#### 4.1.5 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Ζάανσταντ

Ολοκληρώνοντας το πρώτο κομμάτι της εφαρμογής του εργαλείου e-SCEAF, πραγματοποιήσαμε την τελευταία, κατά σειρά, αξιολόγηση στο δημαρχείο του Zaanstad. Τα αποτελέσματα διακρίνονται, όπως και στις προηγούμενες αξιολογήσεις, στην συνολική βαθμολογία και στην βαθμολογία ανά άξονα. Τα στοιχεία, που συμπληρώθηκαν στο ερωτηματολόγιο διατίθενται στον Πίνακα Π1 στο κεφάλαιο Παράρτημα.

<b>Zaanstad-Town Hall</b>	Very Low	0.29	1.29
---------------------------	----------	------	------

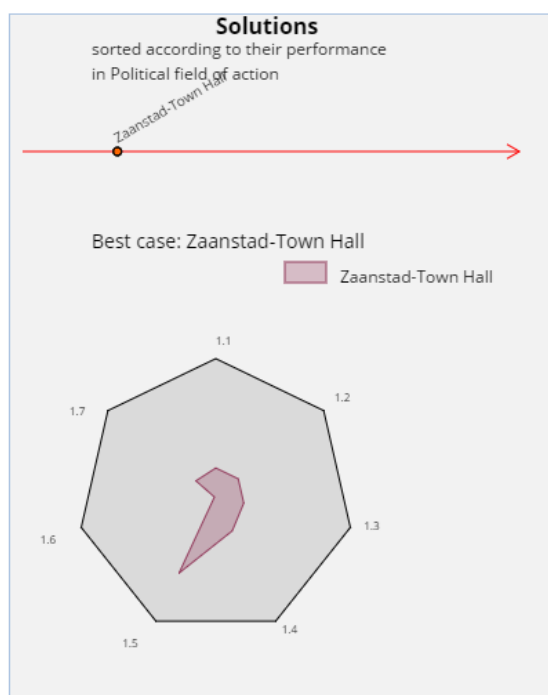


Εικόνα 4.17 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Δημαρχείου του Zaanstad στο e-SCEAF”

Η αξιολόγηση του δημαρχείου του Zaanstad, που αφορά στην συνολική του απόδοση και στους τρεις άξονες, χαρακτηρίζεται “πολύ χαμηλή (Very Low), 0.29 και 1,29”. Όπως και στα υπόλοιπα κτίρια, που αξιολογήθηκαν μέσω του εργαλείου e-SCEAF, έτσι και το δημαρχείο του Zaanstad, υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Οι αναλυτικές βαθμολογίες ανά άξονα παρατίθενται παρακάτω.

Στρατηγική – Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας

Indicator	Zaanstad-Town Hall
1.1	0.2
1.2	0.2
1.3	0.2
1.4	0.27
1.5	0.61
1.6	0
1.7	0.18

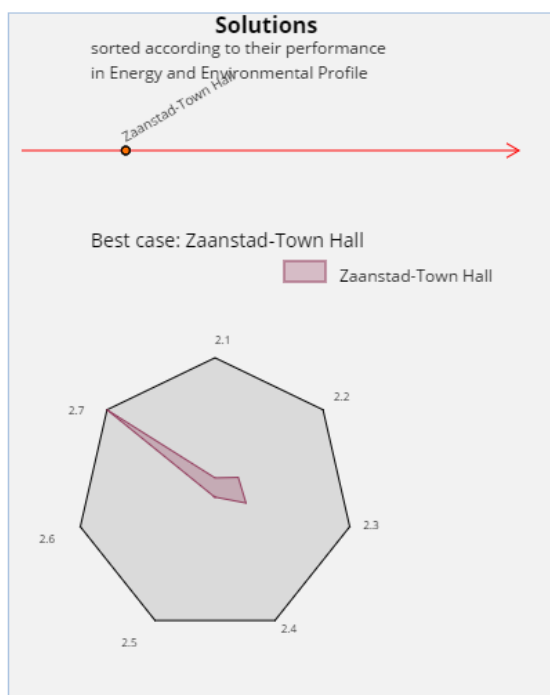


Εικόνα 4.18 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Στον άξονα της “Στρατηγικής” διαπιστώνουμε την ύπαρξη χαμηλών βαθμολογιών, με εξαίρεση τον δείκτη 1.5, ο οποίος αξιολογεί τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα της μείωσης, που επιτυγχάνονται στην κατανάλωση της ενέργειας. Η τιμή του δείκτη 1.6, όπως φαίνεται στο σχήμα, παρουσιάζεται ως μηδενική και αυτό οφείλεται στην μη ύπαρξη ΑΠΕ. Οι υπόλοιποι δείκτες κυμαίνονται από 0,18 έως 0,27, λαμβάνοντας χαμηλή βαθμολογία και εκφράζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη για θέσπιση ακόμη πιο φιλόδοξων στόχων αλλά και επιπλέον επενδύσεων στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης και των ΑΠΕ.

Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό προφίλ.

Indicator	Zaanstad-Town Hall
2.1	0.12
2.2	0.21
2.3	0.22
2.4	0
2.5	0
2.6	0
2.7	Optimus

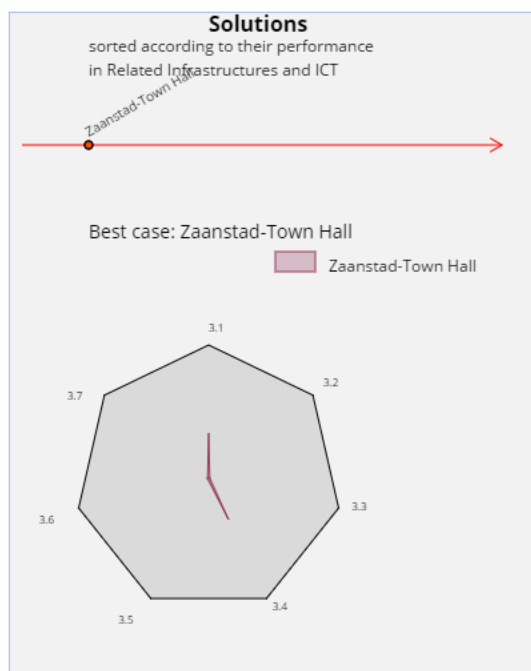


Εικόνα 4.19 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Το “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” του δημαρχείου του Zaanstad προβάλλει την ενεργειακή του απόδοση, εξετάζοντας ταυτόχρονα το κατά πόσο γίνεται εκμετάλλευση των προηγμένων τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ και άλλες τεχνολογίες, όπως είναι τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, κλπ. Όπως συμπεραίνεται από τους παραπάνω δείκτες, δεν γίνεται χρήση τέτοιων τεχνολογιών και κατά συνέπεια η ενεργειακή απόδοση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδανική. Ο δείκτης 2.7 βαθμολογείται με τιμή “ιδανική”, που αποτελεί την υψηλότερη δυνατή βαθμολογία, και δηλώνει το κατά πόσο συμπεριλαμβάνονται οι καιρικές συνθήκες, κατά την διαχείριση του κτιρίου, με τελικό σκοπό την βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης του.

**Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ**

Indicator	Zaanstad-Town Hall
3.1	Low
3.2	0
3.3	Insignificant
3.4	0,33
3.5	0
3.6	Insignificant
3.7	Insignificant



Εικόνα 4.20 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης”

Στον τελευταίο άξονα αξιολόγησης, δηλαδή στις “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ”, παρατηρούμε πως πέντε από τους επτά δείκτες έχουν λάβει την χαμηλότερη δυνατή βαθμολογία. Οι δείκτες 3.1 και 3.4 βαθμολογήθηκαν με τιμή “χαμηλή” (0,33) και εκφράζουν, από την μια, την ύπαρξη αυτόματων συστημάτων παρακολούθησης BEMS και BACS και, από την άλλη, την ευελιξία επιλογής περισσότερων του ενός παρόχου ενέργειας, με σκοπό την αγορά ενέργειας σε χαμηλότερες τιμές και την εκμετάλλευση αιχμών κατανάλωσης.

## 4.1.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του e-SCEAF

Οι δείκτες της αξιολόγησης που προέκυψαν από την εφαρμογή του εργαλείου e-SCEAF για το σύνολο των πέντε κτιρίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.1 “Δείκτες του e-SCEAF που προέκυψαν από την Ανάλυση των Κτιρίων”

Κτίριο	SAVONA SCHOOL	SAVONA CAMPUS	SANT CUGAT TOWNHALL	SANT CUGAT THEATRE	ZAAANSTAD TOWNHALL
Δείκτες	Very Low, -0.04, (0.96)	Very Low, 0.14, (1.14)	Low, -0.35, (1.65)	Very Low, -0.2, (0.8)	Very Low, 0.29, (1.29)
1.1	0.12	0.12	0.2	0.2	0.2
1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.3	0.29	0.29	0.2	0.2	0.2
1.4	0.16	0	0.24	0.06	0.27
1.5	0.29	0	0.24	0.29	0.61
1.6	0.11	0.12	0.09	0	0
1.7	0.75	1	0.03	0.07	0.18
2.1	0.06	0	0.05	0.06	0.12
2.2	0.06	0	0	0.12	0.21
2.3	0.6	0.35	0	0.37	0.22
2.4	0.03	0.02	0.01	0	0
2.5	0	0	0	0	0
2.6	0	0.04	0	0	0
2.7	Very Low	Insignificant	Medium	Low	Optimus
3.1	Insignificant	Insignificant	High	Insignificant	Low
3.2	0	0	0	0	0
3.3	Insignificant	High	Low	Insignificant	Insignificant
3.4	0.17	0.17	0.33	0.25	0.33
3.5	0.13	0	0	0	0
3.6	Insignificant	Insignificant	Optimus	Insignificant	Insignificant
3.7	Insignificant	Insignificant	Insignificant	Insignificant	Insignificant



## 4.2 Εφαρμογή Thermal Comfort Validator (TCV)

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται και πραγματοποιείται η εφαρμογή του εργαλείου Thermal Comfort Validator (TCV) στα πέντε υπό μελέτη κτίρια, με σκοπό την ανάδειξη των πλεονεκτημάτων του κατά την διαχείριση αυτών. Η μελέτη λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένο χώρο του κάθε κτιρίου για μια εβδομάδα του χρόνου. Αυτό οφείλεται στον τρόπο λειτουργίας του εργαλείου, το οποίο δέχεται τα δεδομένα μιας εβδομάδας για μια ενιαία θερμική ζώνη, και βάσει αυτών δημιουργεί ένα σχέδιο ρύθμισης των εσωτερικών συνθηκών του χώρου για την εβδομάδα που ακολουθεί. Η διαχείριση του σημείου ρύθμισης θερμοκρασίας σε συστήματα θέρμανσης/ψύξης ενός κτιρίου επηρεάζει σημαντικά τα επίπεδα θερμικής άνεσης δεδομένων συγκεκριμένων τιμών: της ταχύτητας του αέρα, της υγρασίας, του ρουχισμού και του μεταβολικού ρυθμού. Σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους θέρμανσης αλλά και ψύξης, λαμβάνοντας, όμως, υπόψη τις ιδανικές θερμοκρασίες, που πρέπει να επικρατούν στο χώρο για να κυμαίνεται η θερμική άνεση που αισθάνονται οι παρευρισκόμενοι χρήστες σε επιτρεπτά επίπεδα. Η μεθοδολογία που ακολουθεί το Thermal Comfort Validator (TCV), ο τρόπος λειτουργίας του και οι δείκτες που υπολογίζονται, περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο “ 3.2 Thermal Comfort Validator (TCV)”. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής αποσκοπεί στην υποστήριξη λήψης βραχυπρόθεσμων αποφάσεων για τη διαχείριση του σημείου ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν από το εργαλείο προκύπτουν από μια πιλοτική εφαρμογή του TCV στα πέντε υπό μελέτη κτίρια που πραγματοποιήθηκε από 01-01-2016 μέχρι και 06-10-2016. Κατά την δοκιμαστική αυτή περίοδο συλλέχθηκαν μέσω της Web-based εφαρμογής του TCV πληροφορίες για εσωτερικές συνθήκες και ανατροφοδοτήσεις από χρήστες των κτιρίων ανά ωριαία βάση. Η περίοδος αυτή αντιστοιχεί σε 41 εβδομάδες συμπεριλαμβάνοντας συνολικά δεδομένα για 6.688 ώρες.

Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων (ένα αρχείο excel) για την εσωτερική θερμοκρασία, την σχετική ταχύτητα του αέρα, την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την σχετική υγρασία, τον μεταβολικό ρυθμό που επικρατούν στον υπό μελέτη χώρο και για την θερμική άνεση που αισθάνονται οι χρήστες του κτιρίου. Βάσει αυτών σε συνδυασμό με τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος και συνυπολογίζοντας και την μόνωση των ρούχων των χρηστών, δημιουργήθηκαν τα σχέδια δράσης, τα οποία προτείνουν την ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας των εξεταζόμενων χώρων για μια εβδομάδα. Επιλέχθηκε η 6<sup>η</sup> εβδομάδα, από της 31.01.2016 έως 06.02.2016, της πιλοτικής εφαρμογής του TCV για την πραγματοποίηση των σχεδίων δράσης. Το αποτέλεσμα είναι η προτεινόμενη θερμοκρασία λειτουργίας για την εβδομάδα που ακολουθεί, δηλαδή την 7<sup>η</sup>, από της 07.02.2016 έως της 13.02.2016. Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου εργαλείου υπολογίζονται και εξετάζονται οι εξής τρεις κύριες τιμές κατά τη δημιουργία των σχεδίων δράσεων:

- Ο δείκτης θερμικής άνεσης (PMV - Predicted Mean Vote): Αυτή η τιμή εξαρτάται από έξι μεταβλητές, δηλαδή τη θερμοκρασία αέρα, τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, τη σχετική ταχύτητα αέρα, τη σχετική υγρασία, τη μόνωση του

ρουχισμού και το μεταβολικό ρυθμό, και υπολογίζεται σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο “ISO 7730:2005” (Carozzoli, A., et al., 2016)

- Ο δείκτης πραγματικής μέσης αίσθησης (Actual Mean Vote - AMV): Αυτή η τιμή δεν υπολογίζεται, αλλά παρέχεται μέσω του “Thermal Comfort Validator (TCV)” και προκύπτει απευθείας από την ανατροφοδότηση από τον χρήστη, αντιπροσωπεύοντας την πραγματική θερμική αίσθησή του.
- Ο δείκτης παρατηρούμενης μέσης αίσθησης (Observed Mean Vote - OMV) υπολογίζεται από τις εξισώσεις PMV, χρησιμοποιώντας τιμές για την θερμοκρασία και την υγρασία που προκύπτουν από μετρήσεις των αισθητήρων του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο και όχι από προβλεπόμενες τιμές.

Σε όλες τις εφαρμογές θεωρήσαμε σταθερές τιμές για την ελάχιστη και μέγιστη τιμή του ρουχισμού, ίση με 0,5 clo και 1,2 clo αντίστοιχα, λαμβάνοντας υπόψη την μόνωση τυπικών συνδυασμών ενδυμάτων. Κατά την πραγματοποίηση της εφαρμογής γίνεται αρχικά η εισαγωγή των τιμών στο πρόγραμμα για τον μέγιστο και ελάχιστο ρουχισμό (0,5 και 1,2) και η μέση τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος για κάθε μήνα του χρόνου. Η τιμή της μόνωσης του ρουχισμού για κάθε μήνα υπολογίζεται από το πρόγραμμα με τις συναρτήσεις που περιγράφονται στο κεφάλαιο “3.2 Thermal Comfort Validator (TCV)” στο υποκεφάλαιο “3.2.4 Μεθοδολογία”, από τις οποίες προκύπτουν και οι τιμές των μεταβλητών a και b. Ακολουθεί ο αυτόματος υπολογισμός των δεικτών a και b και η τιμή της μόνωσης του ρουχισμού για κάθε μήνα. Έπειτα εισάγονται οι τιμές της θερμοκρασίας (Set Point Temperature) που έχει ρυθμιστεί και ενδείκνυται να επικρατεί στον εσωτερικό χώρο για τον οποίο γίνεται το σχέδιο δράσης. Από την διαφορά της θερμοκρασίας αυτής και της θερμοκρασίας που επικρατεί στο εξωτερικό περιβάλλον προκύπτουν οι μήνες που απαιτούν θέρμανση και οι μήνες που απαιτούν ψύξη, όπως και οι βαθμοημέρες θέρμανσης (Heating Degree Days – HDD) και οι βαθμοημέρες ψύξης (Cooling Degree Days – CDD).

Ακόμη θεωρήσαμε σταθερή ταχύτητα του εσωτερικού αέρα ίση με 0,15 m/s (ελάχιστη αισθητή). Η ταχύτητα του αέρα σε έναν χώρο επηρεάζει σημαντικά την θερμική άνεση και την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ενός ατόμου και του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου απαιτείται άμεσος έλεγχος της τιμής της ταχύτητας του αέρα και δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,15 m/s. Όσον αφορά την υγρασία, αυτή διακρίνεται σε σχετική και απόλυτη. Η σχετική υγρασία πιθανολογούμε πως ισοδυναμεί με ποσοστό της τάξεως του 60%. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες υφίστανται συνθήκες ενός μέτριου περιβάλλοντος, δηλαδή θερμοκρασίες κάτω των 26 °C και επίπεδα μέτριας δραστηριότητας, παρατηρείται πως η υγρασία του αέρα μπορεί να επηρεάσει κατά ένα μικρό βαθμό την θερμική αίσθηση, και κατά συνέπεια το εύρος της θερμοκρασίας που θεωρείται βέλτιστο και κυμαίνεται σε αποδεκτά επίπεδα. Παραδείγματος χάρη, η αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 10% ισοδυναμεί με μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,3 °C. Από την άλλη πλευρά η απόλυτη θερμοκρασία, η οποία αφορά την πίεση των υδρατμών στον αέρα, έχει επιπτώσεις στην γενική θερμική άνεση του σώματος ενός ατόμου (θερμική ισορροπία) λόγω της επιρροής που ασκεί στην απώλεια θερμότητας αυτού μέσω της εξάτμισης. Συνολικά παρατηρείται πως η επιρροή της υγρασίας

είναι αυξημένη σε περιπτώσεις μεταβατικών συνθηκών και υψηλών θερμοκρασιών (ISO/FDIS 7730:2005).

Μετά την πρώτη φάση της εφαρμογής, δηλαδή την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, πραγματοποιείται η φάση υπολογισμού των δεικτών και παραμέτρων βάσει των οποίων τελικά θα δημιουργηθούν τα σχέδια δράσεων, τα οποία αποτελούν την τελευταία φάση της υλοποίησης. Στις παρακάτω ενότητες θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή στην κάθε περίπτωση και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν.

#### 4.2.1 Εφαρμογή TCV στο Σχολείο ‘Savona Colombo-Pertini’

Η εφαρμογή του TCV στο σχολείο Savona Colombo-Pertini πραγματοποιήθηκε για μια ενιαία θερμική ζώνη, με ενιαίες εσωτερικές συνθήκες. Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως για διδασκαλία και εργασίες σε γραφεία, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις και με συνηθισμένες τιμές για τα δεδομένα, που χρειάζονται, όπως ο μεταβολικός ρυθμός, ταχύτητα του αέρα, κλπ. Επομένως, τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής, τα οποία αποτελούν την προτεινόμενη ρύθμιση της θερμοκρασίας, ισχύουν για τον συγκεκριμένο αυτόν και μόνο χώρο. Η εφαρμογή του εργαλείου σε συγκεκριμένη θερμική ζώνη με παρόμοια συμπεριφορά και χαρακτηριστικά των εσωτερικών συνθηκών και όχι επί του συνολικού κτιρίου κρίνεται απαραίτητη, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη ρύθμιση με αποτέλεσμα την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας, που μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του συγκεκριμένου εργαλείου.

Παρακάτω, παραθέτουμε τις τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας ανά μήνα για το σχολείο της Σαβόνας, τις τιμές του ρουχισμού ανά μήνα, που προέκυψαν από τις συναρτήσεις, την θερμοκρασία λειτουργίας (Set Point Temperature), τις τιμές των δεικτών a και b, όπως και τις βαθμομημέρες θέρμανσης και ψύξης.

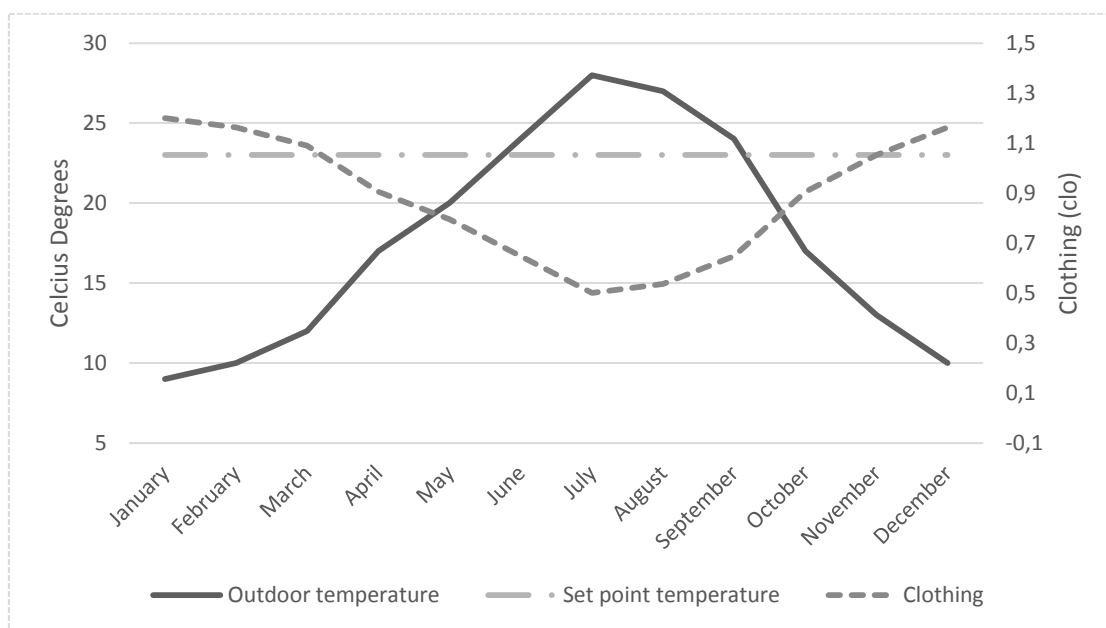
**Πίνακας 4.2** ‘Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για το Σχολείο της Σαβόνας’

ΜΗΝΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΟΝΩΣΗ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SET POINT TEMPERATURE)
1	9	1.2	Ιανουάριος	23
2	10	1.1631579	Φεβρουάριος	23
3	12	1.0894737	Μάρτιος	23
4	17	0.9052632	Απρίλιος	23
5	20	0.7947368	Μάιος	23
6	24	0.6473684	Ιούνιος	23

7	28	0.5	Ιούλιος	23
8	27	0.5368421	Αύγουστος	23
9	24	0.6473684	Σεπτέμβριος	23
10	17	0.9052632	Οκτώβριος	23
11	13	1.0526316	Νοέμβριος	23
12	10	1.1631579	Δεκέμβριος	23

Πίνακας 4.3 “Δείκτες a και b, Τιμή ελάχιστου και μέγιστου Ρουχισμού και Βαθμομέρες Θέρμανσης και Ψύξης για το Σχολείο της Σαβόνας”

		<i>HDD</i>		<i>CDD</i>		
<i>a</i>		14	420	420	FALSE	
		13	390	390	FALSE	
		11	330	330	FALSE	
	-0.03684	6	180	180	FALSE	
	1.531579	3	90	90	FALSE	
<i>b</i>		-1	-30	FALSE	-30	
	0.5	-5	-150	FALSE	-150	
<i>min clothing</i>		1.2	-4	-120	FALSE	-120
<i>max clothing</i>		-1	-30	FALSE	-30	
		6	180	180	FALSE	
		10	300	300	FALSE	
		13	390	390	FALSE	



Σχήμα 4.1 “Εξωτερική Θερμοκρασία, Σημείο Ρύθμισης Θερμοκρασίας και Ρουχισμός για κάθε μήνα του χρόνου για το Σχολείο της Σαβόνας”

Τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα χωρίζονται σε αυτά, τα οποία εισάγονται από τον χρήστη και σε αυτά, που υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα. Η εξωτερική θερμοκρασία και η θερμοκρασία λειτουργίας ανήκουν στην πρώτη κατηγορία ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία στην δεύτερη. Η εξωτερική θερμοκρασία αφορά τις τιμές, που μετρήθηκαν για το έτος 2016 και αποτελούν την μέση τιμή της θερμοκρασίας ανά μήνα για την περιοχή, όπου βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να βρεθούν εύκολα μέσω διαδικτύου ή από αισθητήρες θερμοκρασίας του εξωτερικού χώρου, που μπορεί να υπάρχουν στο κτίριο. Στην περίπτωσή μας τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από τον ιστότοπο WorldWeatherOnline ([href='https://www.worldweatheronline.com/'](https://www.worldweatheronline.com/) title='Historical average weather'). Η αντίστοιχη γραφική παράσταση των θερμοκρασιών αυτών υπάρχει στο κεφάλαιο ‘Παρουσίαση των κτιρίων – 3.4.1 Σχολείο ‘Savona Colombo-Pertini’, Ιταλία’. Η θερμοκρασία λειτουργίας ρυθμίζεται από τον διαχειριστή του κτιρίου και ορίζεται από συγκεκριμένα πρότυπα, που ισχύουν για την λειτουργία δημόσιων κτιρίων.

Η μόνωση του ρουχισμού, οι δείκτες a και b, οι τιμές ελάχιστου και μέγιστου ρουχισμού, οι βαθμοημέρες θέρμανσης και οι βαθμοημέρες ψύξης υπολογίζονται από το πρόγραμμα και εμφανίζονται αυτόματα. Τα δεδομένα αυτά χρειάζονται για την περαιτέρω διαδικασία δημιουργίας του σχεδίου δράσης για την ρύθμιση της λειτουργίας. Οι εξισώσεις, που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτών αναλύονται στο κεφάλαιο ‘3.2.4 Thermal Comfort Validator (TCV) – Μεθοδολογία TCV’. Το επόμενο μέρος της διαδικασίας αποτελούν τα βήματα υπολογισμού των PMV, OMV και AMV και ο καθορισμός της προτεινόμενης θερμοκρασίας για κάθε ώρα της βδομάδας για την οποία δημιουργείται το σχέδιο διαχείρισης.

Step 1: PMV Calculation								
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]	
0	1	18.64	18.64	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.39
1	2	18.45	18.45	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.42
2	3	18.30	18.30	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.46
3	4	17.25	17.25	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.67
4	5	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43
5	6	23.12	23.12	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
6	7	23.23	23.23	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
7	8	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52
8	9	23.12	23.12	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
9	10	23.08	23.08	0.15	60.00	1.20	1.20	0.54
10	11	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
11	12	23.20	23.20	0.15	60.00	1.20	1.20	0.56
12	13	23.14	23.14	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
13	14	23.21	23.21	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
14	15	23.24	23.24	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
15	16	23.22	23.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
16	17	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
17	18	23.45	23.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.62
18	19	23.17	23.17	0.15	60.00	1.20	1.20	0.56
19	20	21.94	21.94	0.15	60.00	1.20	1.20	0.30
20	21	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04
21	22	20.00	20.00	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10
22	23	19.65	19.65	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.18
23	24	18.69	18.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.38
0	1	18.37	18.37	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.50

Εικόνα 4.21 “Υπολογισμός του PMV”

**Υπολογισμός του PMV:** Η δεξιά στήλη, όπου καταγράφεται ο δείκτης “PMV”, αφορά την υπό μελέτη βδομάδα (31.01.2016-06.02.2016) και αποτελεί τις υποκειμενικές τιμές της θερμικής άνεσης του υπό μελέτη χώρου, υπολογισμένες από την εξίσωση PMV, για τις συνθήκες, που επικρατούν στον χώρο αυτό. Οι υπολογισμοί αναφέρονται σε διαστήματα χρόνου μίας ώρας. Η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα λαμβάνεται αυτόματα από τα δεδομένα, που συλλέχθηκαν κατά την πιλοτική εφαρμογή. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας θεωρείται, ότι έχει αμελητέα διαφορά από την θερμοκρασία του αέρα οπότε και λαμβάνεται ίση με αυτήν. Η σχετική ταχύτητα του αέρα, η σχετική υγρασία και ο μεταβολικός ρυθμός καθορίζονται βάση των πρότυπων (Carozzoli, A. and Gorrino, A., 2015). Οι τιμές της μόνωσης του ρουχισμού λαμβάνονται αυτόματα από τους υπολογισμούς, που πραγματοποιούνται στον Πίνακα 4.2 “Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για το σχολείο της Σαβόνας” από την στήλη 3 – Μόνωση ρουχισμού, γραμμή Μήνας 1 - Ιανουάριος, και ισούται με 1,2 clo.

Step 2: AMV Definition: Feedback from TCV Web App																						
ACTUAL (AMV)		User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10	User 11	User 12	User 13	User 14	User 15	User 16	User 17	User 18	User 19	User 20	Users
Time																						
0	1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
1	2	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
2	3	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
3	4	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
4	5	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
5	6	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-1.0	-3.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	20
6	7	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	0.0	20
7	8	-2.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	-3.0	-1.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	20
8	9	-3.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-1.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
9	10	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	20
10	11	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20
11	12	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	20
12	13	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	20
13	14	1.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	20
14	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
15	16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	20
16	17	0.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	-1.0	-1.0	20
17	18	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
18	19	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
19	20	-3.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
20	21	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
21	22	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
22	23	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
23	24	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
0	1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20

Εικόνα 4.22 ‘‘Ανάκτηση AMV από την διαδικτυακή Εφαρμογή του TCV’’

**Καθορισμός του AMV:** Στο σημείο αυτό, πραγματοποιείται η καταχώρηση της ανάδρασης από τους χρήστες του κτιρίου, η οποία καταγράφεται από την διαδικτυακή εφαρμογή του TCV. Η ανάδραση του χρήστη απαντά στο ερώτημα της θερμικής του αίσθησης για τον χώρο που βρίσκεται. Τα δεδομένα αυτά μεταφράζονται από το πρόγραμμα σε τιμές τις κλίμακας 7 βαθμίδων, που ορίζουν και τον δείκτη PMV, δηλαδή από -3 έως +3. Θεωρείται, ότι τα δεδομένα, που εισάγονται, αφορούν ένα χρονικό διάστημα πολύ κοντά στη στιγμή που συμπληρώνεται το ερωτηματολόγιο. Για το λόγο αυτό επεκτείνεται η ανάδραση αυτή, των χρηστών, για μια ώρα πριν και μια ώρα μετά τον πραγματικό χρόνο υποβολής των δεδομένων. Η επέκταση των δεδομένων πραγματοποιείται με την μείωση κατά 0,5 μονάδες έως ότου φτάσει το μηδέν.

Step 3: AMV Filtering			
Average	Operational Hours?	Enough feedback?	AMV
-2.7	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA
-2.8	0.0000	0	NA
-2.85	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA
-2.2	0.0000	0	NA
-1.25	0.0000	0	NA
-1.9	0.0000	0	NA
-2.2	-2.2000	Yes	-2.2
-1.1	-1.1000	Yes	-1.1
-0.9	-0.9000	Yes	-0.9
-1.05	-1.0500	Yes	-1.05
0	0.0000	Yes	0
0	0.0000	Yes	0
0	0.0000	Yes	0
0.15	0.1500	Yes	0.15
0.2	0.2000	Yes	0.2
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
-1.9	-1.9000	Yes	-1.9
-2	-2.0000	Yes	-2
-2.8	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA
-2.8	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA

**Φιλτράρισμα του AMV:** Στο τρίτο βήμα εφαρμόζεται το φιλτράρισμα των τιμών του AMV αποκλείοντας δεδομένα για τα οποία υπάρχουν λιγότερες από τρεις εγγραφές ή για δεδομένα που αφορούν ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου

Εικόνα 4.23 “Φιλτράρισμα και Οριστικοποίηση των Τιμών του AMV”



Step 4: OMV Calculation										
OBSERVED (OMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	OMV		
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]			
0	1	18.67	18.67	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.38		
1	2	18.43	18.43	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.43		
2	3	18.31	18.31	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.45		
3	4	17.23	17.23	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.67		
4	5	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43		
5	6	23.12	23.12	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55		
6	7	23.23	23.23	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57		
7	8	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52		
8	9	23.45	23.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.62		
9	10	23.49	23.49	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63		
10	11	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55		
11	12	23.54	23.54	0.15	60.00	1.20	1.20	0.64		
12	13	23.51	23.51	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63		
13	14	23.35	23.35	0.15	60.00	1.20	1.20	0.60		
14	15	23.65	23.65	0.15	60.00	1.20	1.20	0.66		
15	16	23.22	23.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57		
16	17	23.72	23.72	0.15	60.00	1.20	1.20	0.67		
17	18	23.45	23.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.62		
18	19	23.49	23.49	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63		
19	20	21.94	21.94	0.15	60.00	1.20	1.20	0.30		
20	21	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04		
21	22	20.00	20.00	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10		
22	23	19.65	19.65	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.18		
23	24	18.69	18.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.38		
0	1	18.37	18.37	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.50		

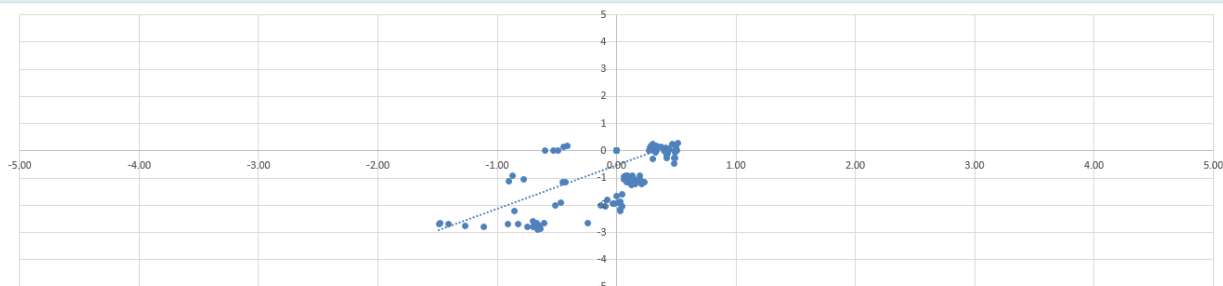
Εικόνα 4.24 ‘‘Υπολογισμός του OMV’’

**Υπολογισμός του OMV:** Ο δείκτης παρατηρούμενης μέσης αίσθησης (Observed Mean Vote - OMV) υπολογίζεται από τα δεδομένα, που συλλέγονται από τους αισθητήρες του κτιρίου με τις ίδιες εξισώσεις με τις οποίες υπολογίζεται και ο δείκτης PMV. Τα δεδομένα αυτά αφορούν και πάλι την υπό μελέτη βδομάδα, δηλαδή από της 31.01.2016 έως 06.02.2016.

Step 5: Selection of AMV-OMV suitable pairs						
PMV	AMV	OMV		TCV suggestion		
					Achieved PMV	OMV
-0.38	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.43	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.45	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.67	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.43	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.55	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.57	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.52	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.62	-2.2	0.62	6	23.00	0.559911732	0.616820313
0.63	-1.1	0.63	6	23.00	0.563339431	0.625315525
0.55	-0.9	0.55	6	23.00	0.534244177	0.553193232
0.64	-1.05	0.64	6	23.00	0.567625828	0.635938396
0.63	0	0.63	6	23.00	0.565053732	0.629564107
0.60	0	0.60	6	23.00	0.551561957	0.596124584
0.66	0	0.66	6	23.00	0.57706284	0.659323822
0.57	0.15	0.57	6	23.00	0.540226933	0.568025856
0.67	0.2	0.67	6	23.00	0.583287854	0.674748198
0.62	-1.15	0.62	6	23.00	0.559911716	0.616820272
0.63	-1.15	0.63	6	23.00	0.563339431	0.625315525
0.30	-1.9	0.30	6	23.00	0.431647626	0.298621283
-0.04	-2	-0.04	6	23.00	0.293593682	-0.039717866
-0.10	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.18	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.38	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.50	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0

Εικόνα 4.25 “Συσχέτιση AMV και OMV”

Step 6: Find the linear expression of AMV-OMV



Εικόνα 4.26 “Εύρεση της βέλτιστης Γραμμικής Συσχέτισης AMV και OMV”

**Υπολογισμός συσχέτισης μεταξύ AMV και OMV:** Αρχικά πραγματοποιείται η αντιστοίχιση των φιλτραρισμένων τιμών AMV με τις ανάλογες τιμές OMV. Ύστερα, δημιουργείται η γραφική παράσταση συσχέτισης των τιμών αυτών, με τις τιμές του AMV στον X-άξονα και τις τιμές του OMV στον Y-άξονα. Τελικά, υπολογίζεται η γραμμική εξίσωση AMV-OMV, η οποία εκφράζει την πραγματική θερμική άνεση που αισθάνονται οι χρήστες του κτιρίου σχετικά με την θεωρητικά αναμενόμενη θερμική άνεση των χρηστών.

Step 7: Find the OMV that corresponds to AMV=0, based on the previous equation (=Intercept)							
				Suggestio Week	Intercept	Slope	
Intercept	0.365275			23.00	6	0.365275	0.389985

Εικόνα 4.27 “Προσδιορισμός της Τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί Τιμή του AMV = 0”

**Προσδιορισμός της τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί τιμή του AMV=0:** Στην τιμή του AMV=0 υπάρχει θεωρητικά ουδέτερο θερμικό αίσθημα άνεσης των χρηστών, πράγμα το οποίο αποτελεί το αντικείμενο της εφαρμογής του εργαλείου. Βασισμένη στην εξίσωση που υπολογίστηκε παραπάνω, καθορίζονται οι συνθήκες, που πρέπει να επικρατούν στον χώρο, δηλαδή η τιμή του δείκτη OMV, για τις οποίες πρέπει να ισχύει ουδέτερο θερμικό αίσθημα άνεσης, δηλαδή τιμή μηδέν για τον δείκτη AMV.

**Step 8: Find the temperature that gives this OMV  
(by solving the  $PMV^{-1}$  equation, with all the other  
values considered as the average of weekly data)**

Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	New PMV
23.00	23.00	0.15	60.0	1.2	1.2	0.5214

Εικόνα 4.28 ‘Υπολογισμός της Τιμής Θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στην Τιμή του OMV που υπολογίστηκε’

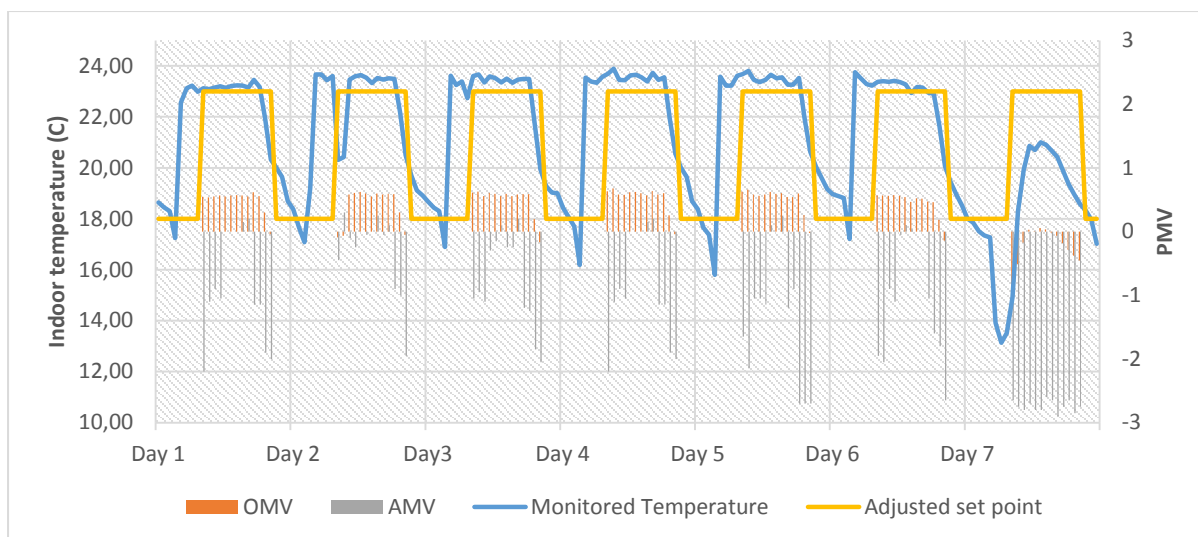
*Υπολογισμός της τιμής θερμοκρασίας στην οποία αντιστοιχεί η τιμή του OMV που υπολογίστηκε:* Έχοντας πλέον δεδομένη τιμή για τον δείκτη OMV, υπολογίζεται η θερμοκρασία, που επιφέρει την τιμή αυτή. Ο υπολογισμός αυτός βασίζεται στην εξίσωση OMV, που συνδέει την τιμή του δείκτη με την αντίστοιχη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα της εφαρμογής και είναι η θερμοκρασία στην οποία προτείνεται να ρυθμιστεί ο χώρος ώστε να επικρατούν βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες του χώρου με ουδέτερο αίσθημα θερμικής άνεσης.

Step 1: PMV Calculation										Step 9: AMV Validation	
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	AMV for this PMV	ASHRAE filter (Category B: -0.5<PMV<0.5)	
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]				
0	1	18.64	18.64	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.39	-2.12	Change set point	
1	2	18.45	18.45	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.42	-2.23	Change set point	
2	3	18.30	18.30	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.46	-2.31	Change set point	
3	4	17.25	17.25	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.67	-2.90	Change set point	
4	5	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	0.11	Acceptable	
5	6	23.12	23.12	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.43	Acceptable	
6	7	23.23	23.23	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57	0.49	Acceptable	
7	8	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	0.35	Acceptable	
8	9	23.12	23.12	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.43	Acceptable	
9	10	23.08	23.08	0.15	60.00	1.20	1.20	0.54	0.41	Acceptable	
10	11	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.45	Acceptable	
11	12	23.20	23.20	0.15	60.00	1.20	1.20	0.56	0.48	Acceptable	
12	13	23.14	23.14	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.44	Acceptable	
13	14	23.21	23.21	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57	0.48	Acceptable	
14	15	23.24	23.24	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57	0.50	Acceptable	
15	16	23.22	23.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57	0.49	Acceptable	
16	17	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.45	Acceptable	
17	18	23.45	23.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.62	0.62	Change set point	
18	19	23.17	23.17	0.15	60.00	1.20	1.20	0.56	0.46	Acceptable	
19	20	21.94	21.94	0.15	60.00	1.20	1.20	0.30	-0.25	Acceptable	
20	21	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	-1.18	Change set point	
21	22	20.00	20.00	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10	-1.35	Change set point	
22	23	19.65	19.65	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.18	-1.56	Change set point	
23	24	18.69	18.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.38	-2.10	Change set point	
0	1	18.37	18.37	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.50	-2.43	Change set point	

Εικόνα 4.29 Επικύρωση της Τιμής του Δείκτη AMV

**Επικύρωση της τιμής του δείκτη AMV:** Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας απαιτείται ο έλεγχος τη πραγματικής θερμικής άνεσης των χρηστών για την ρύθμιση της θερμοκρασίας, που υπολογίστηκε. Η θερμική άνεση θεωρείται αποδεκτή στην περίπτωση, που η τιμή του δείκτη PMV ισούται με την τιμή του δείκτη OMV. Ο έλεγχος, που πραγματοποιείται στηρίζεται στο πρότυπο ‘ASHRAE’, για το οποίο πρέπει η τιμή του δείκτη AMV να ανήκει στο διάστημα [-0,5 έως 0,5], όταν στην γραμμική εξίσωση τίθεται η τιμή του PMV = OMV.

Με αυτό το βήμα ολοκληρώνεται η διαδικασία με τελικό αποτέλεσμα την δημιουργία ενός σχεδίου δράσης για την ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας και κατ’ επέκταση των εσωτερικών συνθηκών του χώρου, για τις οποίες επικρατεί ουδέτερο αίσθημα θερμικής άνεσης για τους χρήστες του.



Σχήμα 4.2 ‘‘Εφαρμογή του TCV για την 6<sup>η</sup> βδομάδα του έτους 2016 για το Σχολείο της Σαβόνας’’

Η τελική ρύθμιση του σημείου θερμοκρασίας λειτουργίας (Set Point Temperature) προτείνεται στους 23°C, ίδια δηλαδή με την αρχική ρύθμιση, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν απαιτείται αλλαγή και προσαρμογή του υπάρχοντος σχεδίου δράσης που εφαρμόζεται. Τα επίπεδα της αίσθησης της θερμικής άνεσης κυμαίνονται σε ιδανικά διαστήματα τιμών με αποτέλεσμα την εύρυθμη λειτουργία του χώρου.

#### 4.2.2 Εφαρμογή TCV στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’

Αντίστοιχα με την εφαρμογή στο σχολείο της Σαβόνας πραγματοποιήθηκε και η εφαρμογή στην Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας. Οι χώροι της πανεπιστημιούπολης παρουσιάζουν παρόμοια χρήση, όπως οι χώροι του σχολείου, δηλαδή κυρίως χρήση σαν χώροι διδασκαλίας και γραφείων. Υποθέτουμε πως υπάρχουν αμελητέες διαφορές στους χώρους για τους οποίους γίνεται η εφαρμογή, οπότε και αντιμετωπίζονται σαν ενιαία θερμική ζώνη.

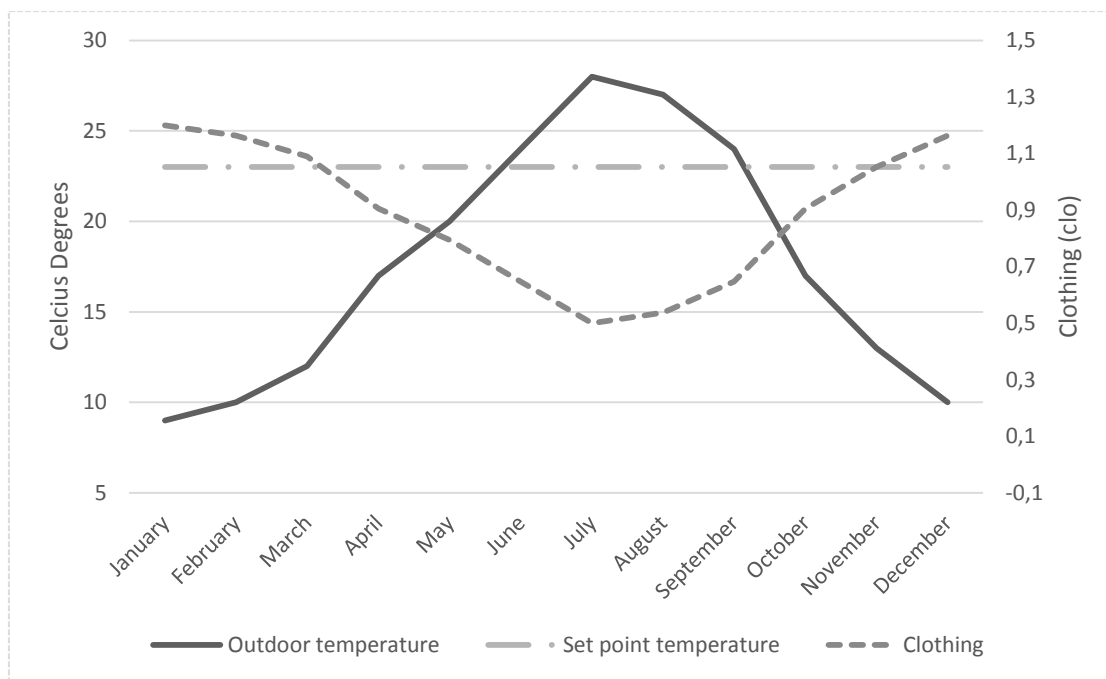
Τα δεδομένα για την τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας ανά μήνα για την πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας είναι ίδια με του σχολείου. Οι τις τιμές του ρουχισμού ανά μήνα, η θερμοκρασία λειτουργίας (Set Point Temperature), οι τιμές των δεικτών a και b, όπως και οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης παρουσιάζονται παρακάτω στους αντίστοιχους πίνακες.

**Πίνακας 4.4** ‘‘Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για την Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας’’

ΜΗΝΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΟΝΩΣΗ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SET POINT TEMPERATURE)
1	9	1.2	Ιανουάριος	23
2	10	1.1631579	Φεβρουάριος	23
3	12	1.0894737	Μάρτιος	23
4	17	0.9052632	Απρίλιος	23
5	20	0.7947368	Μάιος	23
6	24	0.6473684	Ιούνιος	23
7	28	0.5	Ιούλιος	23
8	27	0.5368421	Αύγουστος	23
9	24	0.6473684	Σεπτέμβριος	23
10	17	0.9052632	Οκτώμβριος	23
11	13	1.0526316	Νοέμβριος	23
12	10	1.1631579	Δεκέμβριος	23

**Πίνακας 4.5** ‘‘Δείκτες a και b, Τιμή ελάχιστου και μέγιστου Ρουχισμού και Βαθμομέρες Θέρμανσης και Ψύξης για την Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας’’

			HDD	CDD	
<i>a</i>	14	420	420	FALSE	
	13	390	390	FALSE	
	11	330	330	FALSE	
	-0.03684	6	180	180	FALSE
	1.531579	3	90	90	FALSE
<i>min clothing</i>	-1	-30	FALSE	-30	
	0.5	-5	FALSE	-150	
	1.2	-4	FALSE	-120	
<i>max clothing</i>	-1	-30	FALSE	-30	
	6	180	180	FALSE	
	10	300	300	FALSE	
	13	390	390	FALSE	



Σχήμα 4.3 “Εξωτερική Θερμοκρασία, Σημείο Ρύθμισης Θερμοκρασίας και Ρουχισμός για κάθε μήνα του χρόνου για την Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας”

Παρατηρούμε πως τα δεδομένα είναι ίδια με αυτά του σχολείου της Σαβόνας, εφόσον πρόκειται για την ίδια πόλη, άρα έχουν και ίδιες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος.



Step 1: PMV Calculation								
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]	
0	1	18.07	18.07	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.50
1	2	17.69	17.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58
2	3	16.18	16.18	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.88
3	4	21.34	21.34	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17
4	5	21.56	21.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.22
5	6	22.14	22.14	0.15	60.00	1.20	1.20	0.34
6	7	22.30	22.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.37
7	8	22.36	22.36	0.15	60.00	1.20	1.20	0.39
8	9	22.87	22.87	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49
9	10	22.95	22.95	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51
10	11	22.93	22.93	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51
11	12	22.96	22.96	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51
12	13	23.21	23.21	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
13	14	22.88	22.88	0.15	60.00	1.20	1.20	0.50
14	15	22.85	22.85	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49
15	16	23.13	23.13	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55
16	17	22.87	22.87	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49
17	18	22.59	22.59	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43
18	19	21.88	21.88	0.15	60.00	1.20	1.20	0.29
19	20	21.45	21.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.20
20	21	20.04	20.04	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10
21	22	19.61	19.61	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.19
22	23	19.16	19.16	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.28
23	24	18.96	18.96	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.32
0	1	18.89	18.89	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.39

Εικόνα 4.30 “Υπολογισμός του PMV”

Στον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται οι τιμές για τον δείκτη του PMV (δεξιά πράσινη στήλη). Για τον υπολογισμό χρειάζονται οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της σχετικής ταχύτητας του αέρα, της σχετικής υγρασίας, του μεταβολικού ρυθμού και τελικά της μόνωσης του ρουχισμού. Εκτός από τις στήλες με τα δεδομένα αυτά υπάρχει αριστερά μια στήλη με ωριαίες τιμές για τον χρονικό προσδιορισμό των τιμών, που υπολογίζονται.

Step 2: AMV Definition: Feedback from TCV Web App																						
ACTUAL (AMV)		User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10	User 11	User 12	User 13	User 14	User 15	User 16	User 17	User 18	User 19	User 20	Users
Time																						
0	1	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	0.0	0.0	-1.0	20
1	2	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	20
2	3	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	20
3	4	1.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	20
4	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
5	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	20
6	7	0.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	-1.0	-1.0	20
7	8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
8	9	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
9	10	-3.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
10	11	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
11	12	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
12	13	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
13	14	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
14	15	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
15	16	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
16	17	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
17	18	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
18	19	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
19	20	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	20
20	21	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
21	22	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
22	23	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
23	24	-3.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
0	1	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	0.0	-2.0	-2.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	20

Εικόνα 4.31 “Ανάκτηση AMV από την διαδικτυακή Εφαρμογή του TCV”

Στο δεύτερο βήμα της εφαρμογής συγκεντρώνονται οι τιμές της θερμικής άνεσης, που αισθάνονται οι χρήστες του χώρου μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής του TCV. Η ανάδραση από τον χρήστη παίρνει τιμές από -3 έως +3. Η διαδικασία αυτή καθορίζει την τιμή του δείκτη AMV.

**Step 3: AMV Filtering**

Average	Operational Hours?	Enough feedback?	AMV
-0.9	0.0000	0	NA
-1.05	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0.15	0.0000	0	NA
0.2	0.0000	0	NA
-1.15	0.0000	0	NA
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
-1.9	-1.9000	Yes	-1.9
-2	-2.0000	Yes	-2
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.65	-2.6500	Yes	-2.65
-1.05	-1.0500	Yes	-1.05
-2.2	-2.2000	Yes	-2.2
-0.8	0.0000	0	NA
-1.65	0.0000	0	NA
-2.15	0.0000	0	NA
-1.05	0.0000	0	NA

Οι τιμές του AMV, που συγκεντρώθηκαν προηγουμένως φιλτράρονται, αποκλείοντας τιμές, οι οποίες αναφέρονται σε ώρες μη λειτουργίας και τιμές με λιγότερες από τρεις εγγραφές.

Εικόνα 4.32 “Φιλτράρισμα και Οριστικοποίηση των Τιμών του AMV”

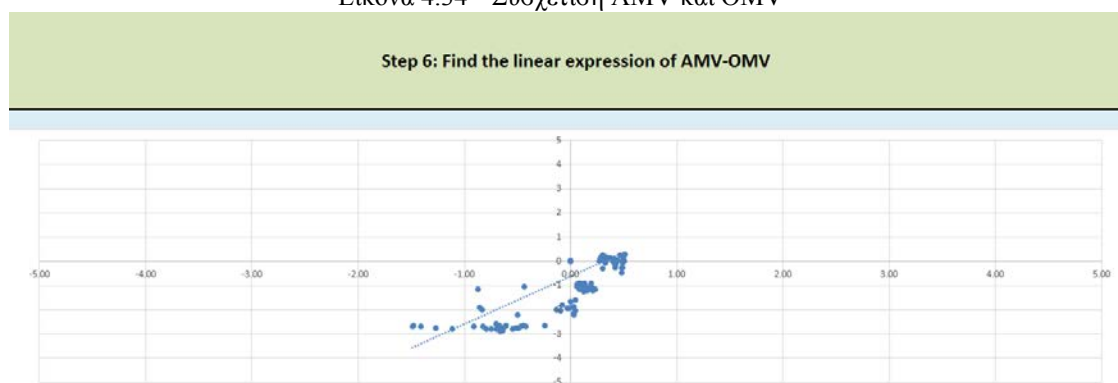
Step 4: OMV Calculation								
OBSERVED (OMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	OMV
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]	
0	1	18.07	18.07	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.50
1	2	17.69	17.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58
2	3	16.18	16.18	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.88
3	4	23.53	23.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63
4	5	23.38	23.38	0.15	60.00	1.20	1.20	0.60
5	6	23.34	23.34	0.15	60.00	1.20	1.20	0.59
6	7	23.57	23.57	0.15	60.00	1.20	1.20	0.64
7	8	23.69	23.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.67
8	9	23.72	23.72	0.15	60.00	1.20	1.20	0.67
9	10	23.21	23.21	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57
10	11	23.01	23.01	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52
11	12	23.63	23.63	0.15	60.00	1.20	1.20	0.65
12	13	23.56	23.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.64
13	14	23.51	23.51	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63
14	15	23.39	23.39	0.15	60.00	1.20	1.20	0.60
15	16	23.68	23.68	0.15	60.00	1.20	1.20	0.67
16	17	23.42	23.42	0.15	60.00	1.20	1.20	0.61
17	18	23.52	23.52	0.15	60.00	1.20	1.20	0.63
18	19	21.88	21.88	0.15	60.00	1.20	1.20	0.29
19	20	20.63	20.63	0.15	60.00	1.20	1.20	0.03
20	21	20.04	20.04	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10
21	22	19.61	19.61	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.19
22	23	19.16	19.16	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.28
23	24	18.96	18.96	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.32
0	1	18.89	18.89	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.39

Εικόνα 4.33 “Υπολογισμός του OMV”

Οι παρατηρούμενες συνθήκες του εσωτερικού χώρου εκφράζονται μέσω του δείκτη OMV, ο οποίος υπολογίζεται αντίστοιχα με τον δείκτη PMV, από τις εξισώσεις PMV (1)-(4). Τα στοιχεία για τον υπολογισμό αναφέρονται σε παρατηρούμενες τιμές, που συλλέγονται από αισθητήρες του χώρου.

Step 5: Selection of AMV-OMV suitable pairs						
PMV	AMV	OMV		TCV suggestion		
					Achieved PMV	OMV
-0.50	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.58	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.88	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.63	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.60	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.59	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.64	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.67	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.67	-1.15	0.67	6	23.20	0.608333546	0.674216302
0.57	-1.9	0.57	6	23.20	0.564641769	0.565906401
0.52	-2	0.52	6	23.20	0.547563654	0.523552873
0.65	-2.8	0.65	6	23.20	0.600179343	0.654007126
0.64	-2.7	0.64	6	23.20	0.594604252	0.640188745
0.63	-2.8	0.63	6	23.20	0.590317988	0.629564159
0.60	-2.75	0.60	6	23.20	0.5800389	0.604082395
0.67	-2.75	0.67	6	23.20	0.604899329	0.665705279
0.61	-2.7	0.61	6	23.20	0.582607678	0.6104507
0.63	-2.7	0.63	6	23.20	0.591175041	0.631688628
0.29	-2.65	0.29	6	23.20	0.449851624	0.285510342
0.03	-1.05	0.03	6	23.20	0.345051272	0.02564375
-0.10	-2.2	-0.10	6	23.20	0.298551724	-0.097688271
-0.19	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.28	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.32	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.39	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0

Εικόνα 4.34 ‘Συσχέτιση AMV και OMV’



Εικόνα 4.35 ‘Εύρεση της βέλτιστης Γραμμικής Συσχέτισης AMV και OMV’

Στο σημείο αυτό υπολογίζεται η γραμμική συσχέτιση των δεικτών AMV και OMV, συνδέοντας την πραγματική αίσθηση θερμικής άνεσης με την θεωρητικά αναμενόμενη.

<b>Step 7: Find the OMV that corresponds to AMV=0, based on the previous equation (=Intercept)</b>							
				Suggestio Week	Intercept	Slope	
<b>Intercept</b>	<b>0.365783</b>			23.20	6	0.365783	0.3309

Εικόνα 4.36 “Προσδιορισμός της Τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί Τιμή του AMV = 0”

Βάση της γραμμικής συσχέτισης που υπολογίστηκε προσδιορίζεται η τιμή του δείκτη OMV, που εξασφαλίζει τιμή του δείκτη AMV = 0, δηλαδή ουδέτερη αίσθηση θερμικής άνεσης.

<b>Step 8: Find the temperature that gives this OMV (by solving the PMV<sup>-1</sup> equation, with all the other values considered as the average of weekly data)</b>						
<b>Air Temperature</b>	<b>Mean Radiant Temperature</b>	<b>Relative Air Velocity</b>	<b>Relative Humidity</b>	<b>Clothing</b>	<b>Metabolic Rate</b>	<b>New PMV</b>
23.20	23.20	0.15	60.0	1.2	1.2	0.5638

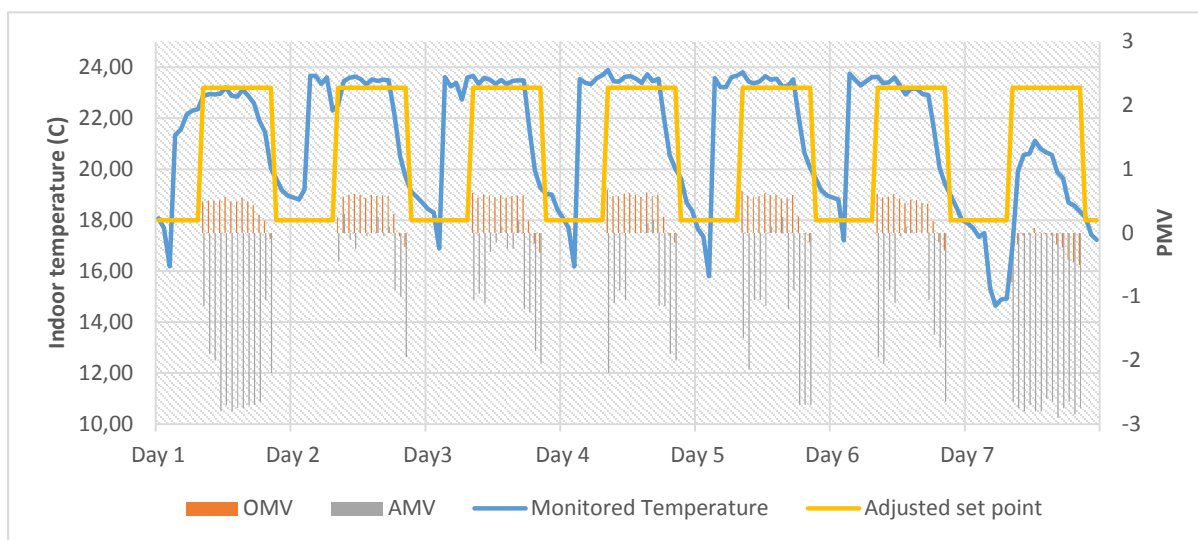
Εικόνα 4.37 “Υπολογισμός της Τιμής Θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στην Τιμή του OMV που υπολογίστηκε”

Δεδομένης της τιμής του δείκτη OMV, που εξασφαλίζει ουδέτερη αίσθηση θερμικής άνεσης, υπολογίζεται η θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην τιμή αυτή και με τον τρόπο αυτό προκύπτει η καινούργια τιμή του δείκτη PMV.

Step 1: PMV Calculation									Step 9: AMV Validation	
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	AMV for this PMV	ASHRAE filter (Category B: -0.5<PMV<0.5)
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]			
0	1	18.07	18.07	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.50	-2.28	Change set point
1	2	17.69	17.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	-2.49	Change set point
2	3	16.18	16.18	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.88	-3.32	Change set point
3	4	21.34	21.34	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	-0.43	Acceptable
4	5	21.56	21.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.22	-0.31	Acceptable
5	6	22.14	22.14	0.15	60.00	1.20	1.20	0.34	0.03	Acceptable
6	7	22.30	22.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.37	0.12	Acceptable
7	8	22.36	22.36	0.15	60.00	1.20	1.20	0.39	0.15	Acceptable
8	9	22.87	22.87	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49	0.45	Acceptable
9	10	22.95	22.95	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51	0.49	Acceptable
10	11	22.93	22.93	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51	0.48	Acceptable
11	12	22.96	22.96	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51	0.50	Acceptable
12	13	23.21	23.21	0.15	60.00	1.20	1.20	0.57	0.64	Change set point
13	14	22.88	22.88	0.15	60.00	1.20	1.20	0.50	0.45	Acceptable
14	15	22.85	22.85	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49	0.43	Acceptable
15	16	23.13	23.13	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.60	Change set point
16	17	22.87	22.87	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49	0.45	Acceptable
17	18	22.59	22.59	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	0.28	Acceptable
18	19	21.88	21.88	0.15	60.00	1.20	1.20	0.29	-0.12	Acceptable
19	20	21.45	21.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.20	-0.37	Acceptable
20	21	20.04	20.04	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10	-1.17	Change set point
21	22	19.61	19.61	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.19	-1.41	Change set point
22	23	19.16	19.16	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.28	-1.66	Change set point
23	24	18.96	18.96	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.32	-1.78	Change set point
0	1	18.89	18.89	0.15	60.00	1.16	1.20	-0.39	-1.97	Change set point

Εικόνα 4.38 “Επικύρωση της Τιμής του Δείκτη AMV”

Στο τέλος της διαδικασίας ελέγχεται εάν η τιμή του δείκτη AMV κυμαίνεται από -0,5 έως 0,5 με τον δείκτη PMV να παίρνει ίδια τιμή με τον δείκτη OMV. Ο έλεγχος αυτός εξασφαλίζει, πως η θερμοκρασία που υπολογίστηκε επιφέρει αποδεκτό επίπεδο θερμικής άνεσης για τους χρήστες του κτιρίου.



Σχήμα 4.4 “Εφαρμογή του TCV για την 6<sup>η</sup> βδομάδα του έτους 2016 για την Πανεπιστημιούπολη της Σαβόνας”

Στην τελική γραφική παράσταση, εμφανίζονται οι τιμές για τους δείκτες OMV, AMV, την θερμοκρασία του χώρου και της ρύθμισης του σημείου θερμοκρασίας για τις 7 ημέρες της εβδομάδας. Το τελικό προτεινόμενο σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας είναι 23,20°C, δηλαδή κατά 0,2°C αυξημένο από την αρχική ρύθμιση του χώρου. Αν και δεν μπορέσαμε να εξοικονομήσουμε ενέργεια μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, βελτιώσαμε την θερμική άνεση πετυχαίνοντας καλύτερες εσωτερικές συνθήκες για τους χρήστες του κτιρίου.

#### 4.2.3 Εφαρμογή TCV στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ

Για το δημαρχείο του Sant Cugat χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα της ανατολικής θερμικής ζώνης, στην οποία επικρατούν ενιαίες εσωτερικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής, τα οποία αποτελούν την προτεινόμενη ρύθμιση της θερμοκρασίας, ισχύουν για την συγκεκριμένη θερμική ζώνη και όχι για το σύνολο του κτιρίου. Στους πίνακες, που ακολουθούν, υπάρχουν οι τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας ανά μήνα για το δημαρχείο του Sant Cugat, οι τιμές του ρουχισμού ανά μήνα, που προέκυψαν από τις συναρτήσεις, το σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας λειτουργίας (Set Point Temperature), οι τιμές των δεικτών a και b, όπως και οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης.

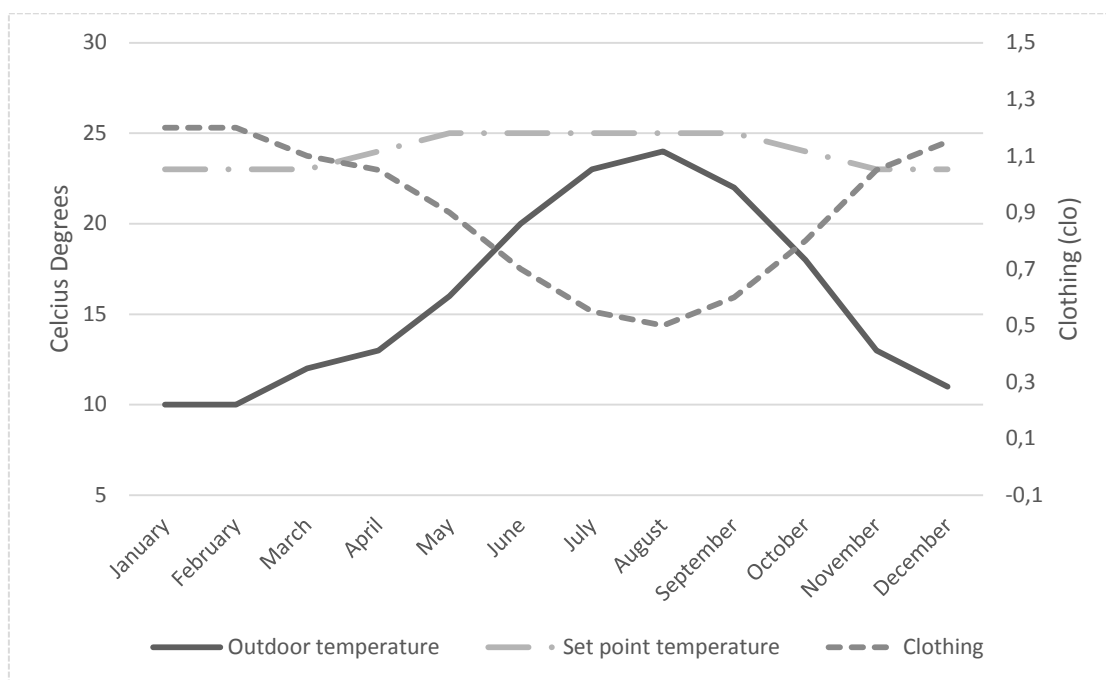
**Πίνακας 4.6** “Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για το Δημαρχείο του Sant Cugat”

ΜΗΝΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΟΝΩΣΗ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SET POINT TEMPERATURE)
1	10	1.2	Ιανουάριος	23
2	10	1.2	Φεβρουάριος	23
3	12	1.1	Μάρτιος	23
4	13	1.05	Απρίλιος	24
5	16	0.9	Μάιος	25
6	20	0.7	Ιούνιος	25
7	23	0.55	Ιούλιος	25
8	24	0.5	Αύγουστος	25
9	22	0.6	Σεπτέμβριος	25
10	18	0.8	Οκτώβριος	24
11	13	1.05	Νοέμβριος	23
12	11	1.15	Δεκέμβριος	23



**Πίνακας 4.7** “Δείκτες a και b, Τιμή ελάχιστου και μέγιστου Ρουχισμού και Βαθμομέρες Θέρμανσης και Ψύξης για το Δημαρχείο του Sant Cugat”

			<i>HDD</i>	<i>CDD</i>	
<i>a</i>		11	330	330	FALSE
		11	330	330	FALSE
		9	270	270	FALSE
	-0.05	8	240	240	FALSE
<i>b</i>	1.7	5	150	150	FALSE
		-2	-60	FALSE	-60
<i>min clothing</i>	0.5	-5	-150	FALSE	-150
<i>max clothing</i>	1.2	-6	-180	FALSE	-180
		-4	-120	FALSE	-120
		3	90	90	FALSE
		8	240	240	FALSE
		10	300	300	FALSE



**Σχήμα 4.5** “Εξωτερική Θερμοκρασία, Σημείο Ρύθμισης Θερμοκρασίας και Ρουχισμός για κάθε μήνα του χρόνου για το Δημαρχείο του Sant Cugat”

Στους παραπάνω πίνακες, παρουσιάζονται τα δεδομένα, που χρειάζονται για την εφαρμογή του TCV, όπως είναι η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η μόνωση του ρουχισμού και το σημείο ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας ανά μήνα του δημαρχείου του Σαντ Κουγάτ. Η πηγή της εξωτερικής θερμοκρασίας υπάρχει και στο κεφάλαιο “Παρουσίαση των κτιρίων – 3.4.3 Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Town Hall”, Ισπανία” μαζί με την γραφική παράστασή της. Επιπλέον υπάρχουν και οι τιμές της ελάχιστης και μέγιστης τιμής της μόνωσης ρουχισμού, η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό των τιμών της μόνωσης ανά μήνα, όπως και οι τιμές των μεταβλητών a και b.

Step 1: PMV Calculation									
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]		
0	1	17.69	17.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	
1	2	17.24	17.24	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.67	
2	3	17.05	17.05	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.71	
3	4	16.83	16.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.75	
4	5	16.78	16.78	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.76	
5	6	16.56	16.56	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.81	
6	7	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	
7	8	22.70	22.70	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	
8	9	23.00	23.00	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	
9	10	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	
10	11	22.76	22.76	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	
11	12	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	
12	13	23.09	23.09	0.15	60.00	1.20	1.20	0.54	
13	14	23.04	23.04	0.15	60.00	1.20	1.20	0.53	
14	15	23.02	23.02	0.15	60.00	1.20	1.20	0.53	
15	16	22.93	22.93	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51	
16	17	22.69	22.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	
17	18	22.05	22.05	0.15	60.00	1.20	1.20	0.32	
18	19	21.67	21.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	
19	20	21.33	21.33	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	
20	21	17.72	17.72	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.57	
21	22	17.70	17.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	
22	23	17.39	17.39	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64	
23	24	17.17	17.17	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.68	
0	1	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	

Εικόνα 4.39 “Υπολογισμός του PMV”

Για τον υπολογισμό του δείκτη PMV μέσω της εξίσωσης PMV (1)-(4) απαιτούνται τα εξής στοιχεία: οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της σχετικής ταχύτητας του αέρα, της σχετικής υγρασίας, του μεταβολικού ρυθμού και τέλος της μόνωσης του ρουχισμού. Το αποτέλεσμα είναι η τιμή του δείκτη PMV ανά ωριαία διαστήματα χρόνου, τα οποία βρίσκονται στην δεξιά στήλη του πίνακα.

Step 2: AMV Definition: Feedback from TCV Web App																						
ACTUAL (AMV)		User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10	User 11	User 12	User 13	User 14	User 15	User 16	User 17	User 18	User 19	User 20	Users
Time																						
0	1	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
1	2	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
2	3	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
3	4	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
4	5	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
5	6	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	20
6	7	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
7	8	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
8	9	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
9	10	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
10	11	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
11	12	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
12	13	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
13	14	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
14	15	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
15	16	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
16	17	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
17	18	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
18	19	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
19	20	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
20	21	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
21	22	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
22	23	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
23	24	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
0	1	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	20

Εικόνα 4.40 ‘‘Ανάκτηση AMV από την διαδικτυακή Εφαρμογή του TCV’’

Σε αυτό το βήμα καθορίζεται η τιμή του δείκτη AMV, που προκύπτει από την ανάδραση των χρηστών του κτιρίου μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής του TCV. Οι τιμές κυμαίνονται από -3 έως +3.

**Step 3: AMV Filtering**

Average	Operational Hours?	Enough feedback?	AMV
-2.6	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA
-2.65	0.0000	0	NA
-2.9	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA
-2.65	0.0000	0	NA
-2.85	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.85	-2.8500	Yes	-2.85
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.85	-2.8500	Yes	-2.85
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.85	-2.8500	Yes	-2.85
-2.85	-2.8500	Yes	-2.85
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.75	0.0000	0	NA
-2.85	0.0000	0	NA
-2.85	0.0000	0	NA
-2.8	0.0000	0	NA

Μετά την συλλογή των τιμών του AMV εφαρμόζονται τα φίλτρα με αποτέλεσμα την αποκοπή των τιμών για ώρες μη λειτουργίας ή τιμών για τις οποίες, υπάρχει μικρός αριθμός εγγραφών, δηλαδή μικρότερος του 3.

Εικόνα 4.41 “Φιλτράρισμα και Οριστικοποίηση των Τιμών του AMV”

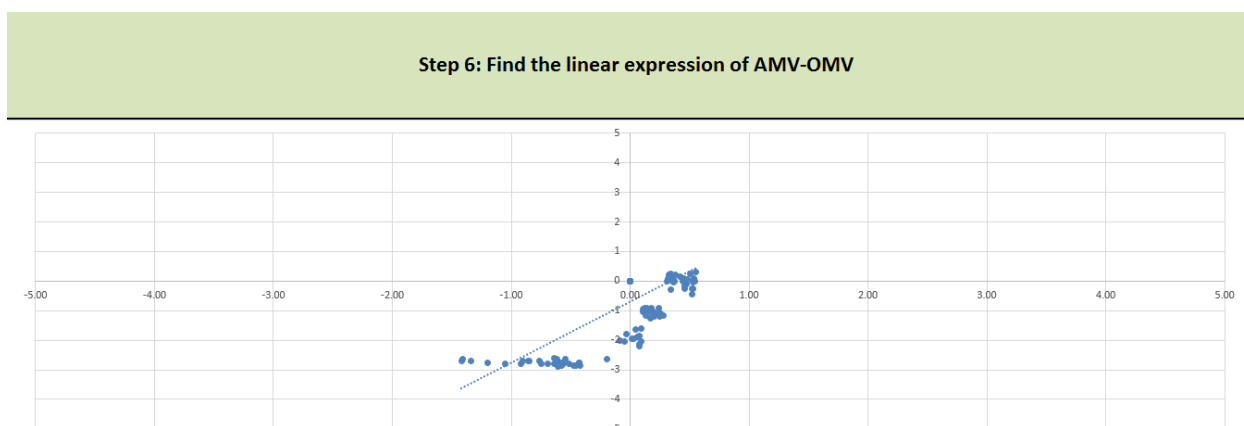
Step 4: OMV Calculation									
OBSERVED (OMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	OMV	
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]		
0	1	17.63	17.63	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.59	
1	2	17.34	17.34	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.65	
2	3	17.01	17.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.72	
3	4	16.83	16.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.75	
4	5	16.78	16.78	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.76	
5	6	16.56	16.56	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.81	
6	7	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	
7	8	22.70	16.66	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	
8	9	23.00	16.09	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.05	
9	10	23.15	16.00	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	
10	11	22.76	16.33	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.06	
11	12	22.98	16.84	0.15	60.00	1.20	1.20	0.01	
12	13	23.09	17.80	0.15	60.00	1.20	1.20	0.10	
13	14	23.04	18.01	0.15	60.00	1.20	1.20	0.11	
14	15	23.02	18.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.13	
15	16	22.93	18.43	0.15	60.00	1.20	1.20	0.13	
16	17	22.69	18.48	0.15	60.00	1.20	1.20	0.11	
17	18	22.05	18.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.02	
18	19	21.67	18.27	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	
19	20	21.33	18.19	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.09	
20	21	17.72	17.72	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.57	
21	22	17.70	17.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	
22	23	17.39	17.39	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64	
23	24	17.17	17.17	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.68	
0	1	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	

Εικόνα 4.42 ‘Υπολογισμός του OMV’

Ο δείκτης παρατηρούμενης μέσης αίσθησης (Observed Mean Vote - OMV) υπολογίζεται από τις εξισώσεις PMV (1)-(4) με τη χρήση δεδομένων, που συλλέγονται από τους αισθητήρες του κτιρίου.

Step 5: Selection of AMV-OMV suitable pairs						
PMV	AMV	OMV		TCV suggestion		
					Achieved PMV	OMV
-0.58	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.67	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.71	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.75	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.76	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.81	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.77	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.79	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.90	-2.7	-0.90	6	23.10	-0.036666023	-0.900682284
-0.92	-2.8	-0.92	6	23.10	-0.044259398	-0.919768239
-0.85	-2.7	-0.85	6	23.10	-0.017652586	-0.852913996
-0.75	-2.8	-0.75	6	23.10	0.022919075	-0.751086555
-0.56	-2.8	-0.56	6	23.10	0.100786293	-0.557723995
-0.51	-2.8	-0.51	6	23.10	0.118480606	-0.513427758
-0.46	-2.85	-0.46	6	23.10	0.14151726	-0.455791817
-0.43	-2.75	-0.43	6	23.10	0.153908798	-0.429230293
-0.42	-2.85	-0.42	6	23.10	0.158549515	-0.417474121
-0.43	-2.75	-0.43	6	23.10	0.155522677	-0.425141731
-0.46	-2.85	-0.46	6	23.10	0.139067961	-0.461917956
-0.48	-2.85	-0.48	6	23.10	0.132743867	-0.477737647
-0.57	-2.75	-0.57	6	23.10	0.094693185	-0.572983002
-0.58	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.64	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.68	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.77	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0

Εικόνα 4.43 ‘‘Συσχέτιση AMV και OMV’’



Εικόνα 4.44 ‘‘Εύρεση της βέλτιστης Γραμμικής Συσχέτισης AMV και OMV’’

Η παραπάνω γραφική παράσταση εκφράζει την γραμμική συσχέτιση των δεικτών AMV και OMV. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η σύνδεση της πραγματικής αίσθησης θερμικής άνεσης με την θερμική άνεση, που πρέπει να επικρατεί θεωρητικά.

<b>Step 7: Find the OMV that corresponds to AMV=0, based on the previous equation (=Intercept)</b>						
			Suggestion	Week	Intercept	Slope
<b>Intercept</b>	<b>0.380502</b>		23.10	6	0.380502	0.353253

Εικόνα 4.45 “Προσδιορισμός της Τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί Τιμή του AMV = 0”

Ακολουθεί ο προσδιορισμός της τιμής του δείκτη OMV, για τον οποίο ο δείκτης AMV λαμβάνει τιμή μηδενική. Μηδενική τιμή του δείκτη AMV αντιστοιχεί σε ουδέτερο αίσθημα θερμικής άνεσης.

<b>Step 8: Find the temperature that gives this OMV (by solving the PMV<sup>-1</sup> equation, with all the other values considered as the average of weekly data)</b>						
<b>Air Temperature</b>	<b>Mean Radiant Temperature</b>	<b>Relative Air Velocity</b>	<b>Relative Humidity</b>	<b>Clothing</b>	<b>Metabolic Rate</b>	<b>New PMV</b>
23.10	23.10	0.15	60.0	1.2	1.2	0.5426

Εικόνα 4.46 “Υπολογισμός της Τιμής Θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στην Τιμή του OMV που υπολογίστηκε”

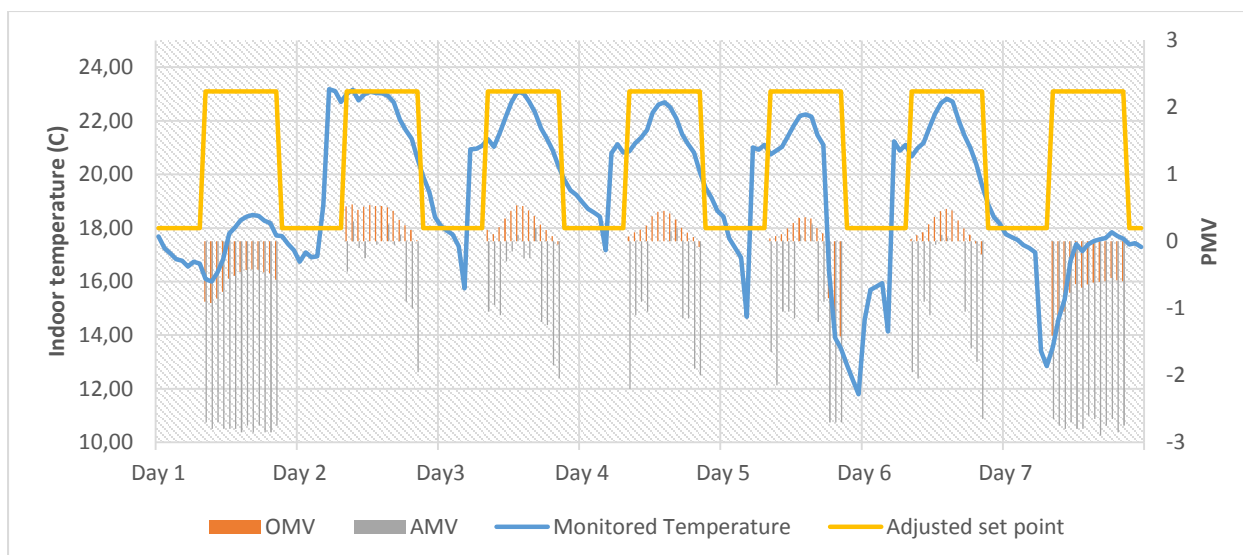
Στο σημείο αυτό, υπολογίζεται η θερμοκρασία, που αντιστοιχεί στην τιμή του δείκτη OMV, που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Η θερμοκρασία αυτή αποτελεί το προτεινόμενο σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας για την εβδομάδα, που ακολουθεί και είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής του TCV.

Step 1: PMV Calculation								Step 9: AMV Validation		
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	AMV for this PMV	ASHRAE filter (Category B; -0.5<PMV<0.5)
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]			
0	1	17.69	17.69	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	-2.45	Change set point
1	2	17.24	17.24	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.67	-2.69	Change set point
2	3	17.05	17.05	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.71	-2.79	Change set point
3	4	16.83	16.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.75	-2.90	Change set point
4	5	16.78	16.78	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.76	-2.93	Change set point
5	6	16.56	16.56	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.81	-3.05	Change set point
6	7	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	-2.95	Change set point
7	8	22.70	22.70	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	0.27	Acceptable
8	9	23.00	23.00	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	0.44	Acceptable
9	10	23.15	23.15	0.15	60.00	1.20	1.20	0.55	0.53	Change set point
10	11	22.76	22.76	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	0.31	Acceptable
11	12	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	0.43	Acceptable
12	13	23.09	23.09	0.15	60.00	1.20	1.20	0.54	0.49	Acceptable
13	14	23.04	23.04	0.15	60.00	1.20	1.20	0.53	0.46	Acceptable
14	15	23.02	23.02	0.15	60.00	1.20	1.20	0.53	0.45	Acceptable
15	16	22.93	22.93	0.15	60.00	1.20	1.20	0.51	0.41	Acceptable
16	17	22.69	22.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	0.27	Acceptable
17	18	22.05	22.05	0.15	60.00	1.20	1.20	0.32	-0.09	Acceptable
18	19	21.67	21.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	-0.30	Acceptable
19	20	21.33	21.33	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	-0.48	Acceptable
20	21	17.72	17.72	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.57	-2.43	Change set point
21	22	17.70	17.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.58	-2.44	Change set point
22	23	17.39	17.39	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64	-2.61	Change set point
23	24	17.17	17.17	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.68	-2.73	Change set point
0	1	16.74	16.74	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	-2.95	Change set point

Εικόνα 4.47 “Επικύρωση της Τιμής του Δείκτη AMV”

Η Επικύρωση της τιμής του δείκτη AMV πραγματοποιείται σαν έλεγχος της πραγματικής θερμικής άνεσης των χρηστών για το σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας, που θεσπίστηκε. Αποδεκτές τιμές είναι οι τιμές για τις οποίες, ο δείκτης AMV λαμβάνει τιμές από -0,5 έως 0,5, δεδομένου ότι, ο δείκτης PMV ισούται με την τιμή του δείκτη OMV.





Σχήμα 4.6 “Εφαρμογή του TCV για την 6<sup>η</sup> βδομάδα του έτους 2016 για το Δημαρχείο του Sant Cugat”

Στην τελευταία γραφική παράσταση δίνονται οι τιμές των δεικτών OMV και AMV, όπως και οι τιμές της παρατηρούμενης εσωτερικής θερμοκρασίας και του σημείου ρύθμισης της θερμοκρασίας για την εβδομάδα που εφαρμόστηκε το TCV. Η ρύθμιση, που προτείνεται από την εφαρμογή κυμαίνεται στους 23,10°C. Δεδομένου, ότι η αρχική ρύθμιση ήταν στους 23°C παρατηρούμε, ότι τα επίπεδα θερμικής άνεσης βρίσκονται ελαφρώς εκτός ορίων και με την αύξηση κατά 0,10°C βελτιώνεται η θερμική άνεση και κυμαίνεται πλέον σε ανεκτά επίπεδα. Η ρύθμιση αυτή επιφέρει δυστυχώς μικρή αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης λόγω της αύξησης της απαιτούμενης θέρμανσης, πράγμα το οποίο όμως δεν αποφεύγεται, διότι τα επίπεδα θερμικής άνεσης που πρέπει να επικρατούν επιβάλλονται από συγκεκριμένα πρότυπα, τα οποία εφαρμόζονται για δημόσια κτίρια.

#### 4.2.4 Εφαρμογή TCV στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ

Σε αντίθεση με το δημαρχείο του Sant Cugat το θέατρο αποτελείται από μια μόνο θερμική ζώνη με ενιαίες εσωτερικές συνθήκες, οι οποίες ισχύουν για το σύνολο του. Η χρήση του χώρου έχει παρόμοιες απαιτήσεις με αυτές του δημαρχείου εφόσον είναι και αυτό δημόσιο κτίριο με χαρακτηρισμό “office building – κτίριο γραφείων”.

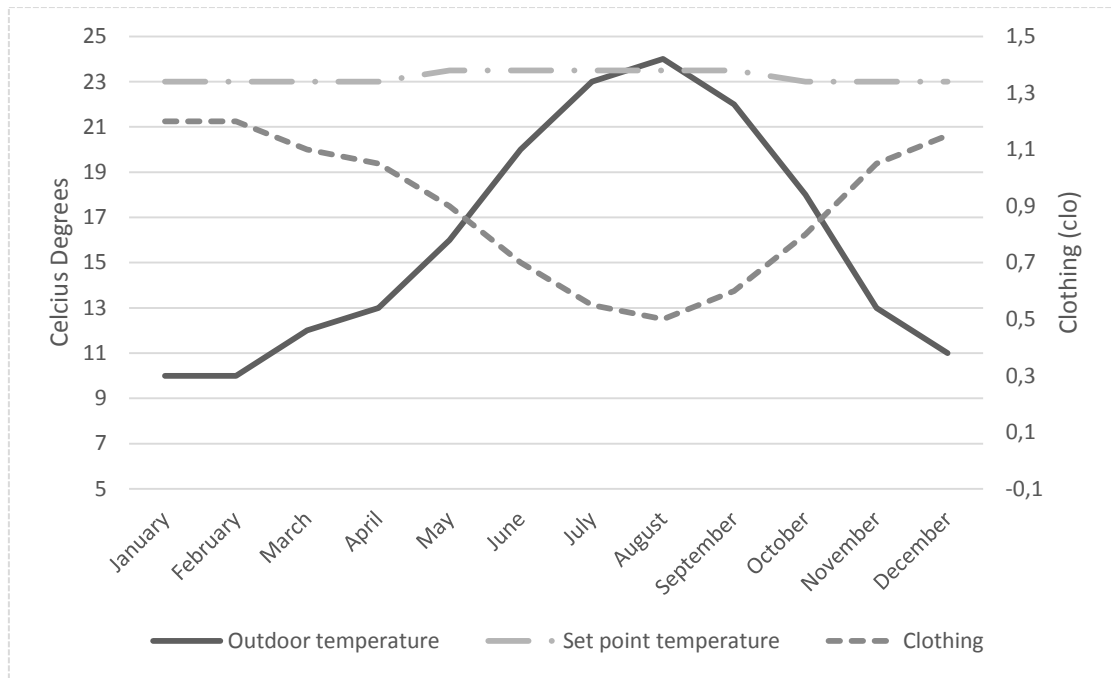
Το σύνολο των εξωτερικών συνθηκών του περιβάλλοντος, όπως εξωτερική θερμοκρασία, και τα στοιχεία για άλλες μεταβλητές που απορρέουν από αυτά, όπως μόνωση του ρουχισμού, είναι αντίστοιχα με αυτά του δημαρχείου λόγω του ότι βρίσκονται στην ίδια πόλη. Το σημείο ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας (Set Point Temperature) διαφέρει ελαφρώς από του δημαρχείου, εφόσον έχει διαφορετικά πρότυπα και κανόνες λειτουργίας.

**Πίνακας 4.8** “Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για το Θέατρο του Sant Cugat”

ΜΗΝΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΟΝΩΣΗ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SET POINT TEMPERATURE)
1	10	1.2	Ιανουάριος	23
2	10	1.2	Φεβρουάριος	23
3	12	1.1	Μάρτιος	23
4	13	1.05	Απρίλιος	23
5	16	0.9	Μάιος	23.5
6	20	0.7	Ιούνιος	23.5
7	23	0.55	Ιούλιος	23.5
8	24	0.5	Αύγουστος	23.5
9	22	0.6	Σεπτέμβριος	23.5
10	18	0.8	Οκτώβριος	23
11	13	1.05	Νοέμβριος	23
12	11	1.15	Δεκέμβριος	23

**Πίνακας 4.9** “Δείκτες a και b, Τιμή ελάχιστου και μέγιστου Ρουχισμού και Βαθμομέρες Θέρμανσης και Ψύξης για το Θέατρο του Sant Cugat”

			HDD	CDD		
<i>a</i>		13	390	390	FALSE	
		13	390	390	FALSE	
		11	330	330	FALSE	
	-0.05	10	300	300	FALSE	
	<i>b</i>	1.7	7.5	225	225	FALSE
			3.5	105	105	FALSE
	<i>min clothing</i>	0.5	0.5	15	15	FALSE
			1.2	-0.5	-15	FALSE
	<i>max clothing</i>		1.5	45	45	FALSE
			5	150	150	FALSE
		10.5	315	315	FALSE	
		12.5	375	375	FALSE	



Σχήμα 4.7 “Εξωτερική Θερμοκρασία, Σημείο Ρύθμισης Θερμοκρασίας και Ρουχισμός για κάθε μήνα του χρόνου για το Θέατρο του Sant Cugat”

Παρατηρούμε ίδιες τιμές για την εξωτερική θερμοκρασία και την μόνωση του ρουχισμού με τις τιμές του δημαρχείου, με διαφορά στο σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας λειτουργίας όπως ήταν και αναμενόμενο.

Step 1: PMV Calculation								
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]	
0	1	15.89	15.89	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.94
1	2	16.12	16.12	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.90
2	3	16.35	16.35	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.85
3	4	16.20	16.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.88
4	5	20.01	20.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10
5	6	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04
6	7	21.13	21.13	0.15	60.00	1.20	1.20	0.13
7	8	20.90	20.90	0.15	60.00	1.20	1.20	0.08
8	9	21.30	21.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.16
9	10	21.45	21.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.20
10	11	21.55	21.55	0.15	60.00	1.20	1.20	0.22
11	12	22.36	22.36	0.15	60.00	1.20	1.20	0.39
12	13	22.67	22.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45
13	14	22.58	22.58	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43
14	15	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42
15	16	22.22	22.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.36
16	17	21.67	21.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24
17	18	21.41	21.41	0.15	60.00	1.20	1.20	0.19
18	19	21.32	21.32	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17
19	20	20.13	20.13	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08
20	21	19.02	19.02	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31
21	22	18.70	18.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.37
22	23	18.20	18.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.48
23	24	17.83	17.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.55
0	1	15.67	15.67	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.99

Εικόνα 4.48 ‘Υπολογισμός του PMV’

Σε αυτό το σημείο, πραγματοποιείται ο υπολογισμός του δείκτη PMV ανά ωριαίο διάστημα βάση των έξι μεταβλητών, που φαίνονται στον πίνακα, δηλαδή βάση της εσωτερικής θερμοκρασίας, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της σχετικής ταχύτητας του αέρα, της σχετικής υγρασίας, του μεταβολικού ρυθμού και τέλος της μόνωσης του ρουχισμού.

Step 2: AMV Definition: Feedback from TCV Web App																						
ACTUAL (AMV)		User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10	User 11	User 12	User 13	User 14	User 15	User 16	User 17	User 18	User 19	User 20	Users
Time																						
0	1	-2.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	-3.0	-1.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	20
1	2	-3.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-1.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
2	3	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	20
3	4	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	20
4	5	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	20
5	6	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	20
6	7	1.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	20
7	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
8	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	20
9	10	0.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	-1.0	-1.0	20
10	11	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
11	12	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
12	13	-3.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
13	14	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-1.0	20
14	15	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
15	16	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
16	17	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
17	18	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	20
18	19	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
19	20	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
20	21	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
21	22	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
22	23	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	20
23	24	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
0	1	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20

Εικόνα 4.49 “Ανάκτηση AMV από την διαδικτυακή Εφαρμογή του TCV”

Στον παραπάνω πίνακα συγκεντρώνονται οι τιμές της αίσθησης θερμικής άνεσης από την ανάδραση των χρηστών. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από -3 έως +3 και αποτελούν τις τιμές του δείκτη AMV.

**Step 3: AMV Filtering**

Average	Operational Hours?	Enough feedback?	AMV
-1.9	0.0000	0	NA
-2.2	0.0000	0	NA
-1.1	0.0000	0	NA
-0.9	0.0000	0	NA
-1.05	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0	0.0000	0	NA
0.15	0.1500	Yes	0.15
0.2	0.2000	Yes	0.2
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
-1.9	-1.9000	Yes	-1.9
-2	-2.0000	Yes	-2
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.8	-2.8000	Yes	-2.8
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.75	-2.7500	Yes	-2.75
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.65	0.0000	0	NA
-1.05	0.0000	0	NA
-2.2	0.0000	0	NA
-0.8	0.0000	0	NA

Μετά την συγκέντρωση των τιμών του δείκτη AMV αποκλείουμε τις τιμές για τις οποίες έχουμε λιγότερες από τρεις εγγραφές και τις τιμές για τις ώρες μη λειτουργίας.

Εικόνα 4.50 “Φιλτράρισμα και Οριστικοποίηση των Τιμών του AMV”

Step 4: OMV Calculation									
OBSERVED (OMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	OMV	
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]		
0	1	15.95	15.95	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.93	
1	2	16.06	16.06	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.91	
2	3	16.25	16.25	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.87	
3	4	17.20	17.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.68	
4	5	18.02	18.02	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.51	
5	6	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	
6	7	21.13	21.13	0.15	60.00	1.20	1.20	0.13	
7	8	20.90	20.90	0.15	60.00	1.20	1.20	0.08	
8	9	21.30	21.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.16	
9	10	21.45	21.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.20	
10	11	21.55	21.55	0.15	60.00	1.20	1.20	0.22	
11	12	22.36	22.36	0.15	60.00	1.20	1.20	0.39	
12	13	22.67	22.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45	
13	14	22.58	22.58	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	
14	15	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42	
15	16	22.22	22.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.36	
16	17	21.67	21.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	
17	18	21.41	21.41	0.15	60.00	1.20	1.20	0.19	
18	19	21.32	21.32	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	
19	20	20.13	20.13	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08	
20	21	19.02	19.02	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31	
21	22	18.70	18.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.37	
22	23	18.20	18.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.48	
23	24	17.83	17.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.55	
0	1	15.67	15.67	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.99	

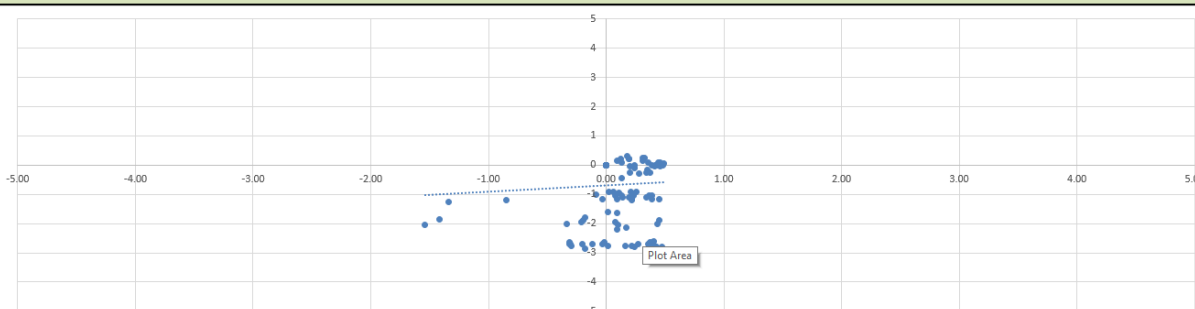
Εικόνα 4.51 “Υπολογισμός του OMV”

Στον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται οι τιμές του δείκτη OMV σύμφωνα με τις εξισώσεις με τις οποίες υπολογίζεται ο δείκτης PMV και εκφράζουν την αίσθηση θερμικής άνεσης βάση των πραγματικών συνθηκών που επικρατούν στον χώρο και προκύπτουν από τους αισθητήρες του χώρου.

Step 5: Selection of AMV-OMV suitable pairs						
PMV	AMV	OMV		TCV suggestion		
					Achieved PMV	OMV
-0.93	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.91	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.87	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.68	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.51	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.04	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.13	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.08	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.16	0.15	0.16	6	22.90	0.363232268	0.164140498
0.20	0.2	0.20	6	22.90	0.375676612	0.195477373
0.22	-1.15	0.22	6	22.90	0.385910915	0.216388659
0.39	-1.15	0.39	6	22.90	0.454365218	0.386367619
0.45	-1.9	0.45	6	22.90	0.480487132	0.451178823
0.43	-2	0.43	6	22.90	0.473046539	0.432720692
0.42	-2.8	0.42	6	22.90	0.468797448	0.422178854
0.36	-2.7	0.36	6	22.90	0.442496875	0.356911866
0.24	-2.8	0.24	6	22.90	0.396019893	0.241503445
0.19	-2.75	0.19	6	22.90	0.372356422	0.187117352
0.17	-2.75	0.17	6	22.90	0.36489051	0.168316669
-0.08	-2.7	-0.08	6	22.90	0.26536841	-0.079068076
-0.31	-2.7	-0.31	6	22.90	0.176208781	-0.307858078
-0.37	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.48	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.55	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.99	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0

Εικόνα 4.52 ‘‘Συσχέτιση AMV και OMV’’

**Step 6: Find the linear expression of AMV-OMV**



Εικόνα 4.53 ‘‘Εύρεση της βέλτιστης Γραμμικής Συσχέτισης AMV και OMV’’



Η σύνδεση της πραγματικής αίσθησης θερμικής άνεσης με την θεωρητικά αναμενόμενη περιγράφεται από την εξίσωση γραμμικής συσχέτισης των δεικτών AMV και OMV, όπως φαίνεται παραπάνω.

Step 7: Find the OMV that corresponds to AMV=0, based on the previous equation (=Intercept)							
				Suggestion	Week	Intercept	Slope
<b>Intercept</b>	<b>0.383422</b>			22.90	6	0.383422	0.355037

Εικόνα 4.54 “Προσδιορισμός της Τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί Τιμή του AMV = 0”

Τα επόμενα βήματα (Step 7, Step 8), αποτελούνται από την εύρεση της τιμής του δείκτη OMV για τον οποίο ο δείκτης AMV παίρνει τιμή μηδέν και η εύρεση της αντίστοιχης θερμοκρασίας που επιφέρει την τιμή αυτή του δείκτη OMV. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ουδέτερη αίσθηση θερμικής άνεσης για τους χώρους της εφαρμογής.

Step 8: Find the temperature that gives this OMV (by solving the PMV <sup>-1</sup> equation, with all the other values considered as the average of weekly data)						
Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	New PMV
22.90	22.90	0.15	60.0	1.2	1.2	0.5003

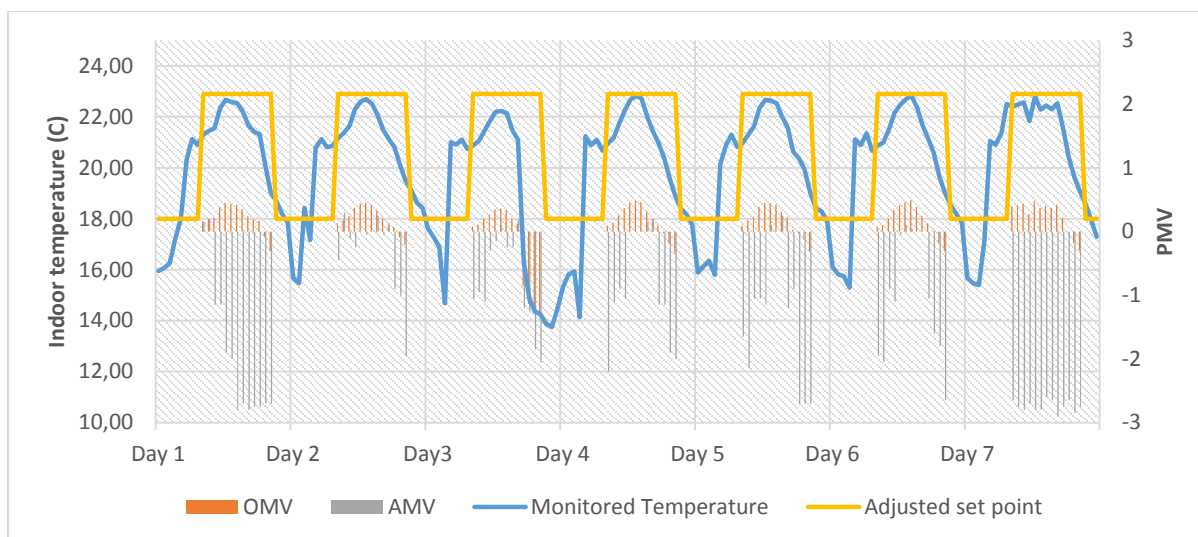
Εικόνα 4.55 “Υπολογισμός της Τιμής Θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στην Τιμή του OMV που υπολογίστηκε”

Στο τελευταίο βήμα, πραγματοποιείται ο έλεγχος του δείκτη AMV, για τον οποίο πρέπει να ισχύει ότι βρίσκεται στο διάστημα -0,5 έως 0,5, όταν η τιμή του δείκτη PMV τεθεί ίση με την τιμή του δείκτη OMV.

Step 1: PMV Calculation								Step 9: AMV Validation		
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	AMV for this PMV	ASHRAE filter (Category B: -0.5<PMV<0.5)
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]			
0	1	15.89	15.89	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.94	-3.38	Change set point
1	2	16.12	16.12	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.90	-3.26	Change set point
2	3	16.35	16.35	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.85	-3.14	Change set point
3	4	16.20	16.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.88	-3.22	Change set point
4	5	20.01	20.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.10	-1.20	Change set point
5	6	20.32	20.32	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.04	-1.03	Change set point
6	7	21.13	21.13	0.15	60.00	1.20	1.20	0.13	-0.59	Change set point
7	8	20.90	20.90	0.15	60.00	1.20	1.20	0.08	-0.72	Change set point
8	9	21.30	21.30	0.15	60.00	1.20	1.20	0.16	-0.50	Acceptable
9	10	21.45	21.45	0.15	60.00	1.20	1.20	0.20	-0.42	Acceptable
10	11	21.55	21.55	0.15	60.00	1.20	1.20	0.22	-0.36	Acceptable
11	12	22.36	22.36	0.15	60.00	1.20	1.20	0.39	0.08	Acceptable
12	13	22.67	22.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45	0.25	Acceptable
13	14	22.58	22.58	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	0.20	Acceptable
14	15	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42	0.18	Acceptable
15	16	22.22	22.22	0.15	60.00	1.20	1.20	0.36	0.00	Acceptable
16	17	21.67	21.67	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	-0.30	Acceptable
17	18	21.41	21.41	0.15	60.00	1.20	1.20	0.19	-0.44	Acceptable
18	19	21.32	21.32	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	-0.49	Acceptable
19	20	20.13	20.13	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08	-1.13	Change set point
20	21	19.02	19.02	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31	-1.73	Change set point
21	22	18.70	18.70	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.37	-1.90	Change set point
22	23	18.20	18.20	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.48	-2.17	Change set point
23	24	17.83	17.83	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.55	-2.37	Change set point
0	1	15.67	15.67	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.99	-3.50	Change set point

Εικόνα 4.56 ‘‘Επικύρωση της Τιμής του Δείκτη AMV’’

Οι τελικές τιμές για την ρύθμιση του σημείου εσωτερικής θερμοκρασίας παρουσιάζονται στην παρακάτω γραφική παράσταση μαζί με τις τιμές των δεικτών OMV και AMV και με την παρατηρούμενη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου:



Σχήμα 4.8 ‘‘Εφαρμογή του TCV για την 6<sup>η</sup> βδομάδα του έτους 2016 για το Θέατρο του Sant Cugat’’

Η τελική ρύθμιση του σημείου θερμοκρασίας λειτουργίας, που προέκυψε για την 7<sup>η</sup> βδομάδα του θεάτρου του Sant Cugat είναι 22,90°C. Η τιμή αυτή είναι κατά 0,10°C χαμηλότερη της αρχικής ρύθμισης με αποτέλεσμα όχι μόνο να δημιουργηθεί θερμικά μια πιο άνετη ατμόσφαιρα και καλύτερες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος στον χώρο, αλλά παράλληλα εξοικονομείται ενέργεια, δεδομένου του ότι υπάρχει μικρότερη ανάγκη για θέρμανση.

#### 4.2.5 Εφαρμογή TCV στο Δημαρχείο Ζάανσταντ

Με την εφαρμογή του TCV για το δημαρχείο του Zaanstad ολοκληρώνεται το κομμάτι της ρύθμισης του σημείου θερμοκρασίας λειτουργίας για τα πέντε υπό μελέτη κτίρια. Η εφαρμογή πραγματοποιείται και πάλι σε μία ενιαία θερμική ζώνη με παρόμοια χαρακτηριστικά για τις εσωτερικές συνθήκες του χώρου. Η σημασία της εφαρμογής της μεθοδολογίας ανά ενιαία θερμική ζώνη και όχι επί του συνολικού εσωτερικού χώρου του κτιρίου τονίζεται στο κεφάλαιο περιγραφής του TCV και κρίνεται απαραίτητη για τον υπολογισμό της βέλτιστης ρύθμισης.

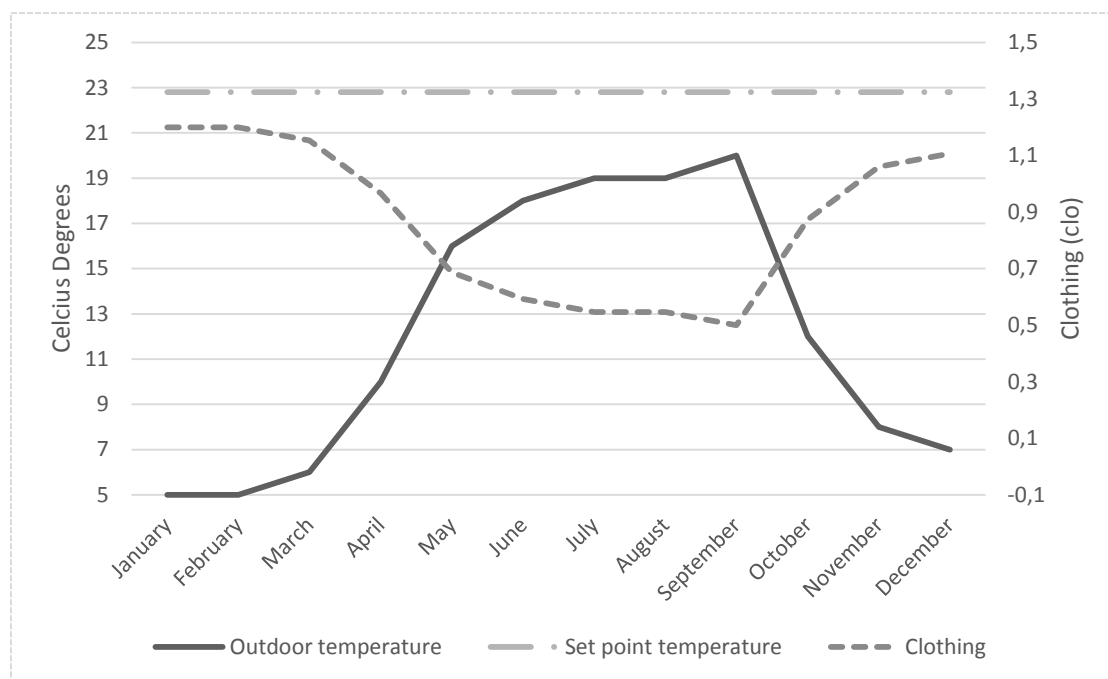
Στους πίνακες, που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές, που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ρύθμιση, οι οποίες αφορούν την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος για την πόλη του Zaanstad, την μόνωση του ρουχισμού και το σημείο ρύθμισης της θερμοκρασίας λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μηνιαία χρονικά διαστήματα. Επίσης, παρουσιάζονται οι τιμές των δεικτών a και b και οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης.

**Πίνακας 4.10** “Εξωτερική Θερμοκρασία, Μόνωση Ρουχισμού και Θερμοκρασία Λειτουργίας (Set Point Temperature) ανά μήνα για το Δημαρχείο του Zaanstad”

ΜΗΝΑΣ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΜΟΝΩΣΗ ΡΟΥΧΙΣΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (SET POINT TEMPERATURE)
1	5	1.2	Ιανουάριος	22.8
2	5	1.2	Φεβρουάριος	22.8
3	6	1.1533333	Μάρτιος	22.8
4	10	0.9666667	Απρίλιος	22.8
5	16	0.6866667	Μάιος	22.8
6	18	0.5933333	Ιούνιος	22.8
7	19	0.5466667	Ιούλιος	22.8
8	19	0.5466667	Αύγουστος	22.8
9	20	0.5	Σεπτέμβριος	22.8
10	12	0.8733333	Οκτώβριος	22.8
11	8	1.06	Νοέμβριος	22.8
12	7	1.1066667	Δεκέμβριος	22.8

**Πίνακας 4.11** “Δείκτες a και b, Τιμή ελάχιστου και μέγιστου Ρουχισμού και Βαθμομημέρες Θέρμανσης και Ψύξης για το Δημαρχείο του Zaanstad”

			HDD	CDD	
<i>a</i>	17.8	534	534	FALSE	
	17.8	534	534	FALSE	
	16.8	504	504	FALSE	
	-0.04667	12.8	384	384	FALSE
<i>b</i>	1.4333333	6.8	204	204	FALSE
		4.8	144	144	FALSE
<i>min clothing</i>	0.5	3.8	114	114	FALSE
		1.2	3.8	114	FALSE
<i>max clothing</i>		2.8	84	84	FALSE
		10.8	324	324	FALSE
		14.8	444	444	FALSE
		15.8	474	474	FALSE



Σχήμα 4.9 “Εξωτερική Θερμοκρασία, Σημείο Ρύθμισης Θερμοκρασίας και Ρουχισμός για κάθε μήνα του χρόνου για το Δημαρχείο του Zaanstad”

Όπως με τα υπόλοιπα τέσσερα κτίρια έτσι και για το δημαρχείο του Zaanstad χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, η μόνωση του ρουχισμού και το σημείο ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας ανά μήνα. Τα καιρικά δεδομένα, δηλαδή η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος ανά μήνα για το έτος του 2016 αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα του worldweatheronline (<https://www.worldweatheronline.com/> title="Historical average weather") και παρουσιάζονται με αναλυτική γραφική παράσταση στο κεφάλαιο “ 3.4.5 Δημαρχείο Ζάανσταντ “Zaanstad Town Hall”, Ολλανδία”. Στους παραπάνω πίνακες βρίσκονται επίσης οι τιμές των μεταβλητών a και b, που προκύπτουν από την μόνωση του ρουχισμού και την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος, όπως και οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης.

Step 1: PMV Calculation									
PREDICTED (PMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	PMV	
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]		
0	1	16.75	16.75	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	
1	2	16.99	16.99	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.72	
2	3	17.60	17.60	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.60	
3	4	17.89	17.89	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.54	
4	5	17.40	17.40	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64	
5	6	18.05	18.05	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.51	
6	7	21.35	21.35	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	
7	8	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42	
8	9	22.65	22.65	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45	
9	10	22.73	22.73	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	
10	11	22.79	22.79	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48	
11	12	22.80	22.80	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48	
12	13	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	
13	14	22.78	22.78	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	
14	15	22.74	22.74	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	
15	16	22.69	22.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	
16	17	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	
17	18	22.85	22.85	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49	
18	19	22.47	22.47	0.15	60.00	1.20	1.20	0.41	
19	20	22.43	22.43	0.15	60.00	1.20	1.20	0.40	
20	21	21.66	21.66	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	
21	22	20.12	20.12	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08	
22	23	19.28	19.28	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.25	
23	24	19.08	19.08	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.30	
0	1	19.01	19.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31	

Εικόνα 4.57 “Υπολογισμός του PMV”

Το πρώτο βήμα αποτελεί ο υπολογισμός του PMV. Τα δεδομένα που χρειάζονται για τον υπολογισμό υπάρχουν στον παραπάνω πίνακα, τα οποία είναι η εσωτερική θερμοκρασία, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η σχετική ταχύτητα του αέρα, η σχετική υγρασία, ο μεταβολικός ρυθμός και τελικά η μόνωση του ρουχισμού. Τα στοιχεία αυτά υπάρχουν ανά διαστήματα χρόνου μιας ώρας για ολόκληρη την υπό μελέτη εβδομάδα. Κατά τον υπολογισμό βρίσκουν χρήση οι εξισώσεις (1)-(4) του κεφαλαίου “3.2.4 Μεθοδολογία”.

Step 2: AMV Definition: Feedback from TCV Web App																						
ACTUAL (AMV)		User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6	User 7	User 8	User 9	User 10	User 11	User 12	User 13	User 14	User 15	User 16	User 17	User 18	User 19	User 20	Users
Time																						
0	1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
1	2	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
2	3	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
3	4	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
4	5	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
5	6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	20
6	7	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
7	8	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
8	9	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	20
9	10	-3.0	-3.0	-3.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-1.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
10	11	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	0.0	-2.0	-2.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	0.0	0.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	20
11	12	-2.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	0.0	20
12	13	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	20
13	14	-1.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	20
14	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	20
15	16	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	-1.0	-1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	20
16	17	-2.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	0.0	20
17	18	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	20
18	19	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	20
19	20	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
20	21	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	20
21	22	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	20
22	23	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	20
23	24	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	20
0	1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-3.0	20

Εικόνα 4.58 ‘‘Ανάκτηση AMV από την διαδικτυακή Εφαρμογή του TCV’’

Στο δεύτερο βήμα ανακτώνται οι τιμές του δείκτη AMV που προκύπτουν από την διαδικτυακή εφαρμογή του TCV. Πρακτικά αποτελούν την ανάδραση από τους χρήστες του κτιρίου για το πώς αισθάνονται την θερμική αίσθηση του χώρου για την συγκεκριμένη ώρα κατά την οποία υποβάλουν το ερωτηματολόγιο του TCV.

**Step 3: AMV Filtering**

Τα στοιχεία αυτά του AMV φιλτράρονται αποκόποντας τιμές για ώρες μη λειτουργίας και τιμές με αριθμό εγγραφών μικρότερο του τρία.

Average	Operational Hours?	Enough feedback?	AMV
-2.75	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA
-2.65	0.0000	0	NA
-1.05	0.0000	0	NA
-2.2	0.0000	0	NA
-0.8	0.0000	0	NA
-1.65	-1.6500	Yes	-1.65
-2.15	-2.1500	Yes	-2.15
-1.05	-1.0500	Yes	-1.05
-1.05	-1.0500	Yes	-1.05
-1.15	-1.1500	Yes	-1.15
0.1	0.1000	Yes	0.1
0	0.0000	Yes	0
0.25	0.2500	Yes	0.25
-1.2	-1.2000	Yes	-1.2
-0.9	-0.9000	Yes	-0.9
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.7	-2.7000	Yes	-2.7
-2.7	0.0000	0	NA
-2.8	0.0000	0	NA
-2.75	0.0000	0	NA
-2.7	0.0000	0	NA

Εικόνα 4.59 “Φιλτράρισμα και Οριστικοποίηση των Τιμών του AMV”



Step 4: OMV Calculation										
OBSERVED (OMV)		Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	OMV		
Time		[°C]	[°C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]			
0	1	16.58	16.58	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.80		
1	2	16.99	16.99	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.72		
2	3	17.60	17.60	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.60		
3	4	17.89	17.89	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.54		
4	5	17.40	17.40	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64		
5	6	18.05	18.05	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.51		
6	7	21.35	21.35	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17		
7	8	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42		
8	9	22.65	22.65	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45		
9	10	22.73	22.73	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46		
10	11	22.79	22.79	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48		
11	12	22.80	22.80	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48		
12	13	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52		
13	14	22.78	22.78	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47		
14	15	22.74	22.74	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47		
15	16	22.69	22.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46		
16	17	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43		
17	18	22.85	22.85	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49		
18	19	22.47	22.47	0.15	60.00	1.20	1.20	0.41		
19	20	22.43	22.43	0.15	60.00	1.20	1.20	0.40		
20	21	21.66	21.66	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24		
21	22	20.12	20.12	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08		
22	23	19.28	19.28	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.25		
23	24	19.08	19.08	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.30		
0	1	19.01	19.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31		

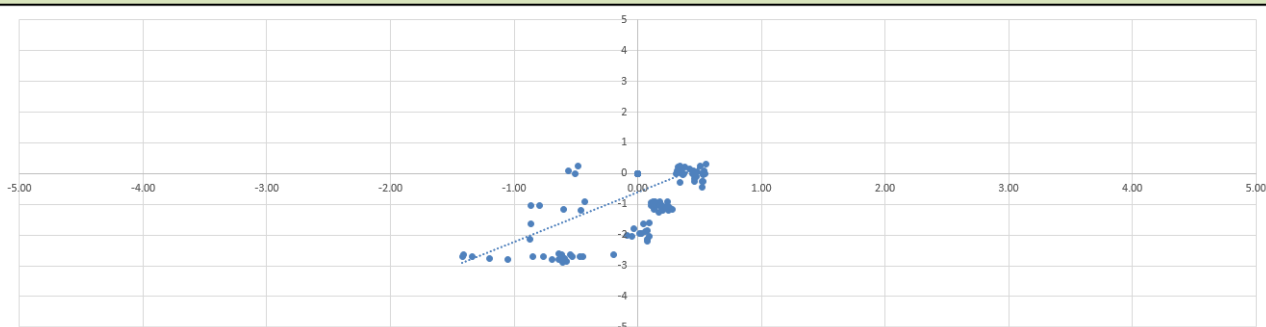
Εικόνα 4.60 ‘Υπολογισμός του OMV’

Το επόμενο βήμα αποτελείται από τον υπολογισμό του δείκτη OMV, ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, όπως υπολογίζεται ο δείκτης PMV με την διαφορά, ότι σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται παρατηρούμενα, μετρούμενα δεδομένα, δηλαδή δεδομένα που προκύπτουν από τους αισθητήρες του χώρου. Ο δείκτης OMV εκφράζει, κατά συνέπεια, την παρατηρούμενη μέση αίσθησης, που υπάρχει για τον χώρο αυτό.

Step 5: Selection of AMV-OMV suitable pairs						
PMV	AMV	OMV		TCV suggestion		
					Achieved PMV	OMV
-0.80	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.72	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.60	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.54	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.64	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.51	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.17	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.42	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
0.45	-1.65	0.45	6	22.60	0.4411918	0.447486253
0.46	-2.15	0.46	6	22.60	0.448001019	0.464371185
0.48	-1.05	0.48	6	22.60	0.453111235	0.477041903
0.48	-1.05	0.48	6	22.60	0.453963213	0.479154275
0.52	-1.15	0.52	6	22.60	0.46931226	0.517205673
0.47	0.1	0.47	6	22.60	0.452259336	0.474929698
0.47	0	0.47	6	22.60	0.448852525	0.466482553
0.46	0.25	0.46	6	22.60	0.444595781	0.455927384
0.43	-1.2	0.43	6	22.60	0.433537438	0.428503458
0.49	-0.9	0.49	6	22.60	0.458224281	0.489718649
0.41	-2.7	0.41	6	22.60	0.425889439	0.409534128
0.40	-2.7	0.40	6	22.60	0.422492369	0.401107626
0.24	-2.7	0.24	6	22.60	0.357343268	0.239409627
-0.08	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.25	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.30	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0
-0.31	FALSE	FALSE	6	18.00	0	0

Εικόνα 4.61 ‘Συσχέτιση AMV και OMV’

**Step 6: Find the linear expression of AMV-OMV**



Εικόνα 4.62 ‘Εύρεση της βέλτιστης Γραμμικής Συσχέτισης AMV και OMV’

Στο βήμα αυτό υπολογίζεται η γραμμική συσχέτιση των δεικτών AMV και OMV, η οποία εκφράζεται μέσω της παραπάνω γραφικής παράστασης. Η συσχέτιση αυτή πλαισιώνει την σύνδεση της πραγματικής με την θεωρητική αίσθηση θερμικής άνεσης του χώρου.

Step 7: Find the OMV that corresponds to AMV=0, based on the previous equation (=Intercept)						
Intercept	0.332225				Suggestion Week	Intercept Slope
					22.60 6	0.332225 0.31486

Εικόνα 4.63 “Προσδιορισμός της Τιμής του OMV για το οποίο αντιστοιχεί Τιμή του AMV = 0”

Διαθέτοντας πλέον την σχέση μεταξύ των δεικτών AMV και OMV προσδιορίζεται η τιμή του OMV για τον οποίο έχουμε ουδέτερο αίσθημα θερμικής άνεσης, δηλαδή AMV = 0.

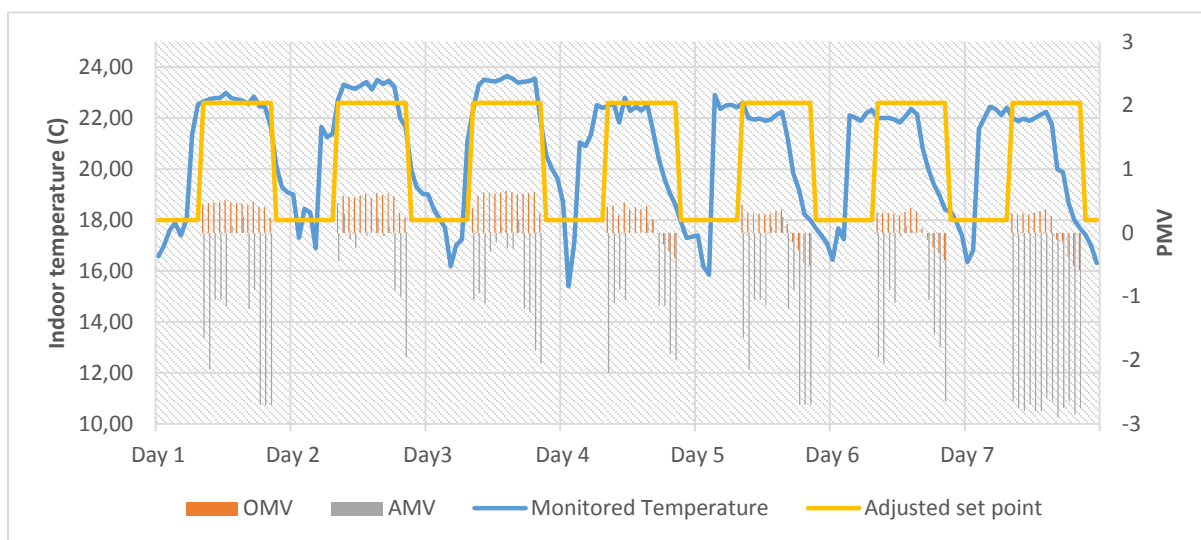
Step 8: Find the temperature that gives this OMV (by solving the PMV <sup>-1</sup> equation, with all the other values considered as the average of weekly data)						
Air Temperature	Mean Radiant Temperature	Relative Air Velocity	Relative Humidity	Clothing	Metabolic Rate	New PMV
22.60	22.60	0.15	60.0	1.2	1.2	0.4369

Εικόνα 4.64 “Υπολογισμός της Τιμής Θερμοκρασίας που αντιστοιχεί στην Τιμή του OMV που υπολογίστηκε”

Στο σημείο αυτό υπολογίζεται η τιμή της θερμοκρασίας, που αντιστοιχεί στην τιμή του δείκτη OMV, που υπολογίστηκε στο προηγούμενο βήμα. Ο υπολογισμός του σημείου ρύθμισης της θερμοκρασίας λειτουργίας ολοκληρώνεται με αυτό το βήμα και εξασφαλίζει βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες του χώρου. Απαραίτητο θεωρείται μετά τον υπολογισμό του σημείου ρύθμισης, ο έλεγχος της τιμής του δείκτη AMV, ο οποίος δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή του 0,5 σε απόλυτες τιμές, όταν θέτουμε την τιμή του δείκτη PMV ίση με του δείκτη OMV.

Step 1: PMV Calculation										Step 9: AMV Validation
PREDICTED (PMV)										ASHRAE filter (Category B: -0.5<PMV<0.5)
Time	[C]	[C]	[m/s]	[%]	[clo]	[met]				
0	1	16.75	16.75	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.77	-3.25	Change set point
1	2	16.99	16.99	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.72	-3.11	Change set point
2	3	17.60	17.60	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.60	-2.74	Change set point
3	4	17.89	17.89	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.54	-2.57	Change set point
4	5	17.40	17.40	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.64	-2.86	Change set point
5	6	18.05	18.05	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.51	-2.47	Change set point
6	7	21.35	21.35	0.15	60.00	1.20	1.20	0.17	-0.42	Acceptable
7	8	22.53	22.53	0.15	60.00	1.20	1.20	0.42	0.32	Acceptable
8	9	22.65	22.65	0.15	60.00	1.20	1.20	0.45	0.40	Acceptable
9	10	22.73	22.73	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	0.45	Acceptable
10	11	22.79	22.79	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48	0.49	Acceptable
11	12	22.80	22.80	0.15	60.00	1.20	1.20	0.48	0.49	Acceptable
12	13	22.98	22.98	0.15	60.00	1.20	1.20	0.52	0.61	Change set point
13	14	22.78	22.78	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	0.48	Acceptable
14	15	22.74	22.74	0.15	60.00	1.20	1.20	0.47	0.46	Acceptable
15	16	22.69	22.69	0.15	60.00	1.20	1.20	0.46	0.42	Acceptable
16	17	22.56	22.56	0.15	60.00	1.20	1.20	0.43	0.34	Acceptable
17	18	22.85	22.85	0.15	60.00	1.20	1.20	0.49	0.53	Change set point
18	19	22.47	22.47	0.15	60.00	1.20	1.20	0.41	0.28	Acceptable
19	20	22.43	22.43	0.15	60.00	1.20	1.20	0.40	0.26	Acceptable
20	21	21.66	21.66	0.15	60.00	1.20	1.20	0.24	-0.23	Acceptable
21	22	20.12	20.12	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.08	-1.19	Change set point
22	23	19.28	19.28	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.25	-1.71	Change set point
23	24	19.08	19.08	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.30	-1.83	Change set point
0	1	19.01	19.01	0.15	60.00	1.20	1.20	-0.31	-1.88	Change set point

Εικόνα 4.65 “Επικύρωση της Τιμής του Δείκτη AMV”



Σχήμα 4.10 “Εφαρμογή του TCV για την 6<sup>η</sup> βδομάδα του έτους 2016 για το Δημαρχείο του Zaanstad”

Η τελευταία γραφική παράσταση παρουσιάζει το τελικό αποτέλεσμα της εφαρμογής για το δημαρχείο του Zaanstad, εμπεριέχοντας τα στοιχεία του προτεινόμενου σημείου ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας λειτουργίας. Περαιτέρω διαθέτει και τις τιμές της παρατηρούμενης εσωτερικής θερμοκρασίας αλλά και τις τιμές των δεικτών OMV και AMV, που υπολογίστηκαν.

Παρατηρούμε σε τελική ανάλυση μείωση του σημείου ρύθμισης θερμοκρασίας λειτουργίας από 22,80°C σε 22,60°C. Η μείωση αυτή συνεπάγεται και εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, που απαιτείται για θέρμανση και κατά συνέπεια και μείωση του κόστους θέρμανσης. Παράλληλα όμως, βελτιώνεται το αίσθημα της θερμικής άνεσης των χρηστών του χώρου, εφόσον με την ρύθμιση αυτή επιτυγχάνουμε μικρότερα ποσοστά θερμικής δυσφορίας και αυξάνουμε τα ποσοστά ουδέτερης θερμικής αίσθησης.

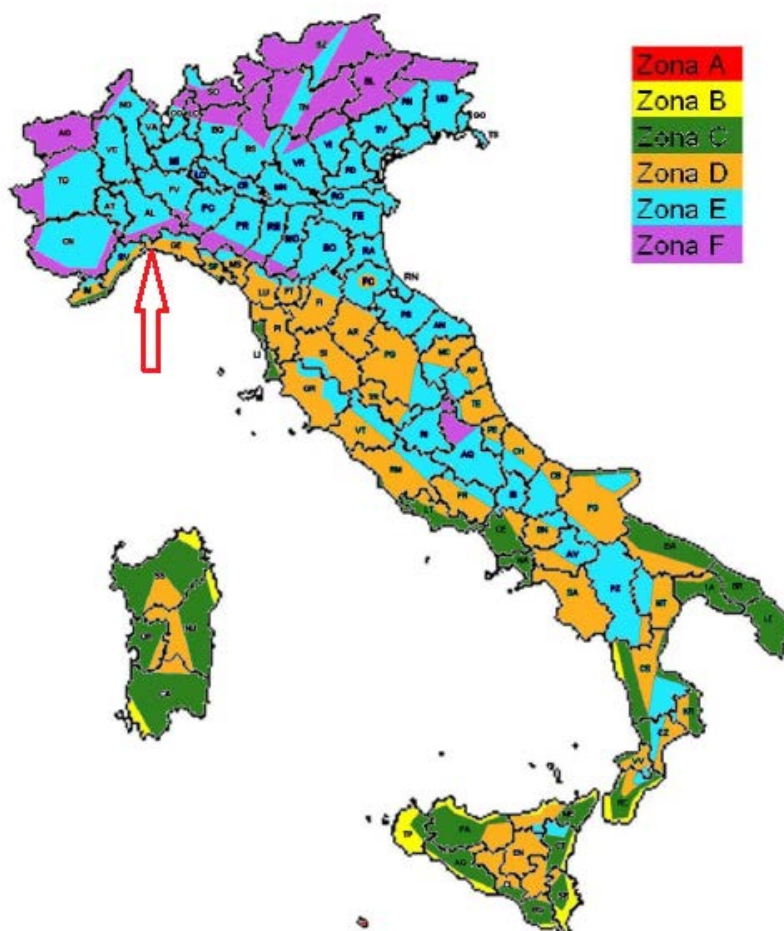
### 4.3 Εφαρμογή Building Energy Management Tool (BEMAT)

Η επόμενη βελτιωτική δράση για τα υπό μελέτη κτίρια θα προκύψει από την εφαρμογή του Building Energy Management Tool (BEMAT). Σκοπό της εφαρμογής αποτελεί η ανάλυση των ενεργειακών και δομικών χαρακτηριστικών του κάθε κτιρίου και η πρόταση βελτιωτικών δράσεων για το σύνολο τους. Η πραγματοποίηση των δράσεων αποσκοπεί στην αναβάθμιση των κτιρίων και στην εξέλιξή τους, σε κτίρια ανώτερης ενεργειακής κλάσης με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και αποτελεσματικότερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εφαρμογή στο κάθε κτίριο διαφέρει ανάλογα με τα δεδομένα, που υπάρχουν, για αυτό και με τις δυνατότητες, που δίνονται για την πραγματοποίηση των σεναρίων βελτίωσης. Τα σεναρία, που προτείνονται αναφέρονται σε κάθε κτίριο ξεχωριστά και δύναται να διαφέρουν από κτίριο σε κτίριο. Για την επιλογή των δράσεων του κάθε κτιρίου έγινε αρχικά μια μελέτη για την υφιστάμενη κατάσταση για τα κτίρια αλλά και για τις ενεργειακές απαιτήσεις και τους κανονισμούς που ισχύουν στην χώρα στην οποία βρίσκεται το κάθε κτίριο. Τα στοιχεία αυτά αποτέλεσαν τα κριτήρια καθορισμού και επιλογής των σεναρίων.

Η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κάθε κτίριο καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης, δηλαδή την μέγιστη επιτρεπτή τιμή του συντελεστή U της εξωτερικής τοιχοποιίας, της οροφής αλλά και των κουφωμάτων ανοιγμάτων.

Η Ιταλία χωρίζεται σε 6 κλιματικές ζώνες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Moneta, R., et. al., 2014):



Εικόνα 4.66 “Κλιματικές Ζώνες Ιταλίας”

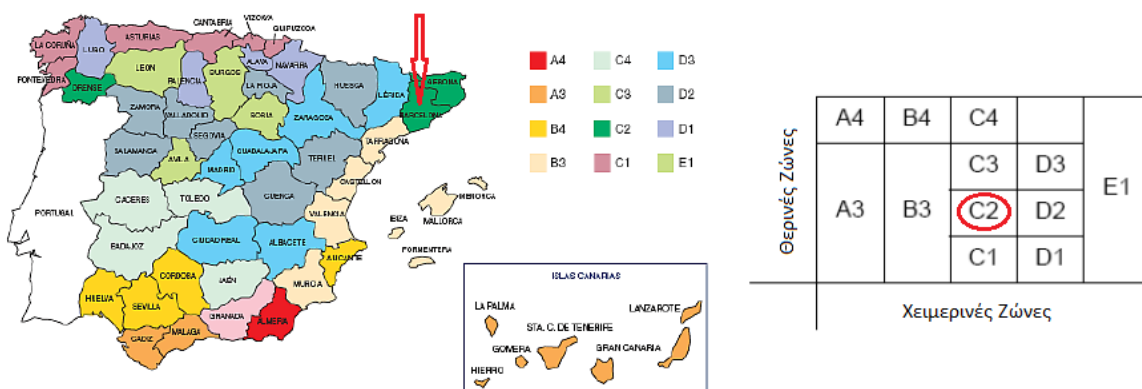
Η μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή U ανά κλιματική ζώνη για την Ιταλία δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Moneta, R., et. al., 2014):

Πίνακας 4.12 “Μέγιστη επιτρεπτή Τιμή Συντελεστή U στην Ιταλία ανά Θερμική Ζώνη”

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)				
	Εξωτερικοί Τοίχοι	Οροφή	Πατώματα	Κουφώματα Ανοιγμάτων	Υαλοπίνακες
A	0.62	0.38	0.65	4.6	3.7
B	0.48	0.38	0.49	3.0	2.7
C	0.40	0.38	0.42	2.6	2.1
D	0.36	0.32	0.36	2.4	1.9
E	0.34	0.30	0.33	2.2	1.7
F	0.33	0.29	0.32	2.0	1.3

Η Ισπανία χωρίζεται σε 12 κλιματικές ζώνες οι οποίες προκύπτουν από τον συνδυασμό 5 χειμερινών κλιματικών ζωνών με 4 θερινές κλιματικές ζώνες. Από τους 20 συνδυασμούς που

προκύπτουν μόνον 12 είναι εφικτοί και διαμορφώνονται ως εξής (Valencian Institute of Building, 2011):



Εικόνα 4.67 “Κλιματικές Ζώνες Ισπανίας”

Η μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή U ανά κλιματική ζώνη για την Ισπανία δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Global Buildings Performance Network):

Πίνακας 4.13 “Μέγιστη επιτρεπτή Τιμή Συντελεστή U στην Ισπανία ανά Θερμική Ζώνη”

Κλιματική Ζώνη	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)			
	Εξωτερικοί Τοίχοι	Οροφή	Πατώματα	Κουφώματα Ανοιγμάτων
A	0.94	0.50	0.53	5.2
B3	0.82	0.45	0.52	5.7
C2/C1	0.73	0.41	0.50	4.3
D3	0.66	0.38	0.49	3.5
E	0.34	0.30	0.33	2.2

Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί, ότι η μονάδα μέτρησης των δεδομένων, που διαθέταμε για τις καταναλώσεις Φυσικού Αερίου, ήταν η kWh, η οποία για την εισαγωγή της στο πρόγραμμα BEMAT χρειάστηκε να μετατραπεί σε m<sup>3</sup>, βάσει της ισότητας 1m<sup>3</sup> = 11 kWh (η ισότητα αυτή χρησιμοποιείται από το BEMAT).

#### 4.3.1 Εφαρμογή BEMAT στο Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”

Για την εφαρμογή του εργαλείου BEMAT στο τριώροφο σχολείο της Σαβόνας κατασκευής του 1957, ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα. Αρχικά, εισήχθησαν οι γενικές πληροφορίες και τα βασικά στοιχεία, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο “3.3.3 Χρήση του BEMAT”. Τα πιο



σημαντικά από αυτά είναι τα εξής: δεν διαθέτει Μόνωση και Πιστοποίηση, ανήκει στην κατηγορία Ενεργειακής Κλάσης F, ο Προσανατολισμός του είναι βορειοδυτικός, η Συνολική Επιφάνεια, που εξετάζεται είναι 6.092 m<sup>2</sup>, η Δόμηση του είναι Αστική, και το πενήθημερο Ωράριο Λειτουργίας του, εκτός του Σαββάτου και της Κυριακής, είναι από τις 06:00-20:00.

The screenshot displays the BEMAT interface for building management. The main title is "Επεξεργασία κτιρίου" (Building Management). Below it, a message states: "Επεξεργαστείτε τα στοιχεία για του παρακάτω κτιρίου που έχει προστεθεί στο έργο Σχολείο «Savona Colombo-Pertini»".

The "Στοιχεία κτιρίου" (Building Details) section includes:

- Επιφάνεια Κτιρίου \***: Σύνολο κτιρίου
- Χρήση Κτιρίου \***: Κτίρια Πρωτοβάθμιας ή/και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
- Περιγραφή \***: Σχολείο «Savona Colombo-Pertini», Ιταλία
- Έτος Κατασκευής**: 1990

Additional details on the left side of the interface:

- Μονωμένο**: Όχι
- Πιστοποιημένο**: Όχι
- Ενεργειακή Κλάση**: F
- Προσανατολισμός**: Βορειοδυτικός
- Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)**: 6092.0
- Εξεταζόμενη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) \***: 6092.0
- Αριθμός Εξεταζόμενων Ορόφων \***: 3
- Υψος ορόφου (m)**: (empty field)
- Δόμηση \***: Αστική

Additional details on the right side of the interface:

- Ημέρες Μη Λειτουργίας \***: \*Κυριακή, \*Σάββατο
- Περαιτέρω πληροφορίες**
- Ωράριο Λειτουργίας**:
  - Ανοιχτό από (καθημερινές)**: 06:00:00
  - Ανοιχτό έως (καθημερινές)**: 20:00:00
  - Ανοιχτό από (ΣΚ)**: (empty field)
  - Ανοιχτό έως (ΣΚ)**: (empty field)
- Buttons**: Αποθήκευση αλλαγών, Πίσω στο κτίριο

At the bottom, the footer reads: EPU © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνες 4.68 “Γενικές Πληροφορίες του Σχολείου Savona Colombo-Pertini στο BEMAT”

Σε δεύτερο στάδιο, εισήχθησαν δεδομένα σχετικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις του σχολείου για το έτος 2014, στην Καρτέλα “Ενεργειακό Προφίλ”. Οι καταναλώσεις αυτές, αφορούν, αφενός, την Ηλεκτρική Ενέργεια, της οποίας η τιμή είναι 42.396 kWh με κόστος 11.371 €, και, αφετέρου, το Φυσικό Αέριο, του οποίου η τιμή είναι 52.934 m<sup>3</sup>, με αντίστοιχο



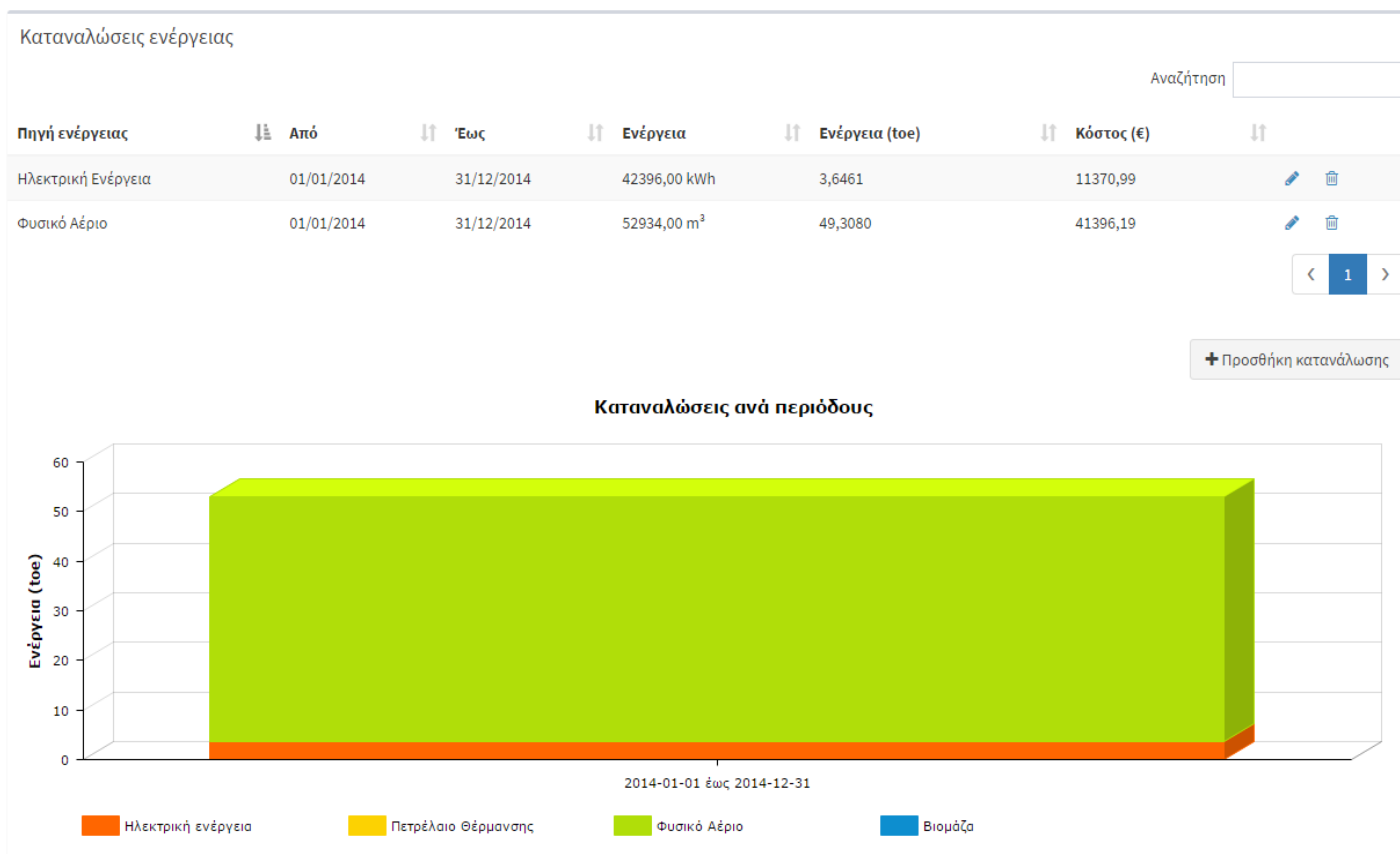
κόστος 41.396 €. Από τις τιμές αυτές προκύπτει το κόστος ανά kWh Ηλεκτρικού Ρεύματος, το οποίο ανέρχεται σε 0,268209 € και αντίστοιχα το κόστος ανά kWh Φυσικού Αερίου σε 0,071094 €, τα οποία εισήχθησαν στο πρόγραμμα, στην Ενότητα ‘‘Ιδιότητες Έργου’’.

The screenshot displays the BEMAT Building Energy Management Tool interface. The main window is titled 'Στοιχεία έργου' (Project Details) and shows a card for the building 'ΚΤΙΡΙΑ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ Η/ΚΑΙ ΔΕΥΤΕ... Σχολείο «Savona Colombo-Pertini», Ιταλία'. A modal window titled 'Ιδιότητες έργου' (Project Properties) is open, containing the following data:

Παράμετρος	Τιμή
Εισάγετε όνομα για το νέο σας έργο *	Σχολείο «Savona Colombo-Pertini»
Κόστος ανά kWh καυσίμου (€) *	0.092
Κόστος ανά kWh ρεύματος (€) *	0.268209
Κόστος ανά kWh φυσικού αερίου (€) *	0.071094
Κόστος ανά kWh βιομάζας (€) *	0.05

Below the biomass cost field, there is a note: 'Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW'. At the bottom of the modal, there are 'Άκυρο' (Cancel) and 'Αποθήκευση' (Save) buttons.

Εικόνα 4.69 ‘‘Ιδιότητες Έργου του Σχολείου Savona Colombo-Pertini στο BEMAT’’



Εικόνα 4.70 “Καρτέλα Ενεργειακό Προφίλ του Σχολείου Savona Colombo-Pertini στο BEMAT”

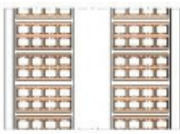
Η επιλογή των σεναρίων, τα οποία θα μελετηθούν μέσω του BEMAT, αποτελούν το επόμενο βήμα στην διαδικασία εφαρμογής του προγράμματος. Οι έντεκα (11) διαθέσιμες επιλογές αναλύονται στο κεφάλαιο “3.3.3 Χρήση του BEMAT”. Το σενάριο της “Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών” καθώς και το σενάριο “Εγκατάστασης δικτύου Φυσικού Αερίου” απορρίφθηκαν λόγω της ήδη ύπαρξης φωτοβολταϊκών και δικτύου φυσικού αερίου στο κτίριο, όποτε και κρίθηκαν ως μη αναγκαίες. Δυστυχώς δεν διαθέτουμε επαρκή στοιχεία για το Φωτισμό, τα Κλιματιστικά, το Σύστημα Παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης (Z.N.X), το Λέβητα και τέλος για την εγκατάσταση Εξωτερικών Περσίδων ή συστήματος Αυτόματου Ελέγχου Τεχνητού Φωτισμού. Οι δράσεις, που επιλέχθηκαν προς υλοποίηση, είναι η Εφαρμογή Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας, η Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής και η Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων.

Ενεργειακό προφίλ	Συστήματα	Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις	Σενάρια	Αποτελέσματα	Εικόνες
Σενάρια ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου					
Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής	Επεξεργασία			Αναβάθμιση συστήματος παραγωγής Ζ.Ν.Χ	+ Εισαγωγή
Εφαρμογή θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας	Επεξεργασία			Εγκατάσταση δικτύου Φυσικού Αερίου	+ Εισαγωγή
Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών	+ Εισαγωγή			Εγκατάσταση εξωτερικών περσίδων	+ Εισαγωγή
Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων	Επεξεργασία			Εγκατάσταση συστήματος αυτομάτου ελέγχου τεχνητού φωτισμού	+ Εισαγωγή
Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης	+ Εισαγωγή			Αντικατάσταση λέβητα	+ Εισαγωγή
Αντικατάσταση κλιματιστικών	+ Εισαγωγή				

Εικόνα 4.71 ‘Καρτέλα Σενάρια του Έργου του Σχολείου Savona Colombo-Pertini στο BEMAT’

Εφαρμογή Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας: Αναλυτικά, για την Εφαρμογή Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας, τα δεδομένα, που απαιτούνται, είναι τα υλικά της υφιστάμενης τοιχοποιίας, το πάχος και η επιφάνειά τους καθώς και οι ετήσιες ώρες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου. Η μόνωση, που θα εφαρμοστεί, θα πρέπει να ικανοποιεί κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις, οι οποίες καθορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς για θερμομόνωση στην Ιταλία, ανάλογα με την θερμική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτίριο.

Η επιλογή των υλικών για την υφιστάμενη τοιχοποιία βασίστηκε σε μελέτη του Πανεπιστημίου του Τορίνο της Ιταλίας, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Episcopo Project, το οποίο αποτελεί συνέχεια του Tabula Project και συγχρηματοδοτήθηκε από το Intelligent Energy Europe Programm της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σκοπός του προγράμματος είναι η ενίσχυση των διαδικασιών ενεργειακής ανακαίνισης στον τομέα της στέγασης. Μέρος της διαδικασίας αυτής αποτελεί η μελέτη της τυπολογίας των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωση (Episcopo, 2016). Τα υλικά που προέκυψαν από την μελέτη και αφορούν την εξωτερική τοιχοποιία για κτίρια, τα οποία έχουν κτιστεί το χρονικό διάστημα 1930-1975 στην Ιταλία, είναι Hollow Wall Brick Mansory (40cm) με συντελεστή  $U=1,10$  (Corrado, V., et al., 2012).

	Hollow wall brick masonry (40 cm)	1930	1975	1.10
---	-----------------------------------	------	------	------

Εικόνα 4.72 ‘Συντελεστής U της Εξωτερικής Τοιχοποιίας για Κτίρια της Ιταλίας του 1930-1975’

Για την επιλογή της μόνωσης, που θα προστεθεί, λήφθηκαν υπόψη οι κανονισμοί της Ιταλίας, όπως έχουν παρουσιαστεί παραπάνω. Δεδομένης της θέσης της πόλης Σαβόνα, όπως

διαφαίνεται στον χάρτη, αυτή ανήκει στην κλιματική ζώνη D. Για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη οι μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή U, τις οποίες μπορεί να λάβει για τους εξωτερικούς τοίχους, είναι 0,36.

## Εφαρμογή θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας:

### Υφιστάμενη τοιχοποιία

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )
1	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,8700	0,030	3873,00
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,8700	0,030	3873,00
3	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλινθούς	0,5100	0,170	3873,00
4	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλινθούς	0,5100	0,170	3873,00

Συντελεστής U  
**1,10**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):  
**307,9131**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):  
**53,4571**

### Υφιστάμενη τοιχοποιία συμπεριλαμβανομένης μόνωσης

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
1	Υαλόπλεγμα	0,05	0,020	3873,0	0,00
2	Επίχρυσμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,020	3873,0	0,00
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,87	0,030	3873,0	0,00
4	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλινθούς	0,51	0,170	3873,0	0,00
5	Κάλλα	0,19	0,020	3873,0	0,00
6	Θερμομονωτικό επίχρυσμα (σοβά)	0,08	0,030	3873,0	0,00
7	Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλινθούς	0,51	0,170	3873,0	0,00
8	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,87	0,030	3873,0	0,00
9	Επίχρυσμα εσωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,020	3873,0	0,00
10	Πλάκες πολυστερίνης	0,04	0,040	3873,0	464760,00

Συντελεστής U  
**0,35**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):  
**98,4705**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):  
**17,0956**

Εικόνα 4.73 ‘Εφαρμογή Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας’

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, η υφιστάμενη τοιχοποιία, που προστέθηκε στο πρόγραμμα, είναι: Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,03m, δύο φορές Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλινθούς με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,51 με πάχος 0,17m και τέλος, πάλι Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,03m. Ο συνολικός συντελεστής U φέρει τελική τιμή 1,10, σύμφωνα με την προβλεπόμενη τυπολογία του κτιρίου. Επίσης υπολογίζονται βάσει της συνολικής επιφάνειας, η οποία είναι 3.873 m<sup>2</sup>, οι ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών σε kW 307,9131 και οι ωριαίες απώλειες θερινών μηνών σε kW 53,4571.

Για την μόνωση, που προτείνουμε να εφαρμοστεί, προκύπτει συντελεστής U=0,35, τιμή, η οποία είναι αποδεκτή καθώς είναι μικρότερη από το όριο της μέγιστης επιτρεπτής τιμής 0,36. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί, πως για λόγους ελαχιστοποίησης εξόδων, αποφεύγεται η επιλογή μόνωσης με μικρότερο συντελεστή U, διότι θα είχε σημαντική αύξηση στο κόστος.

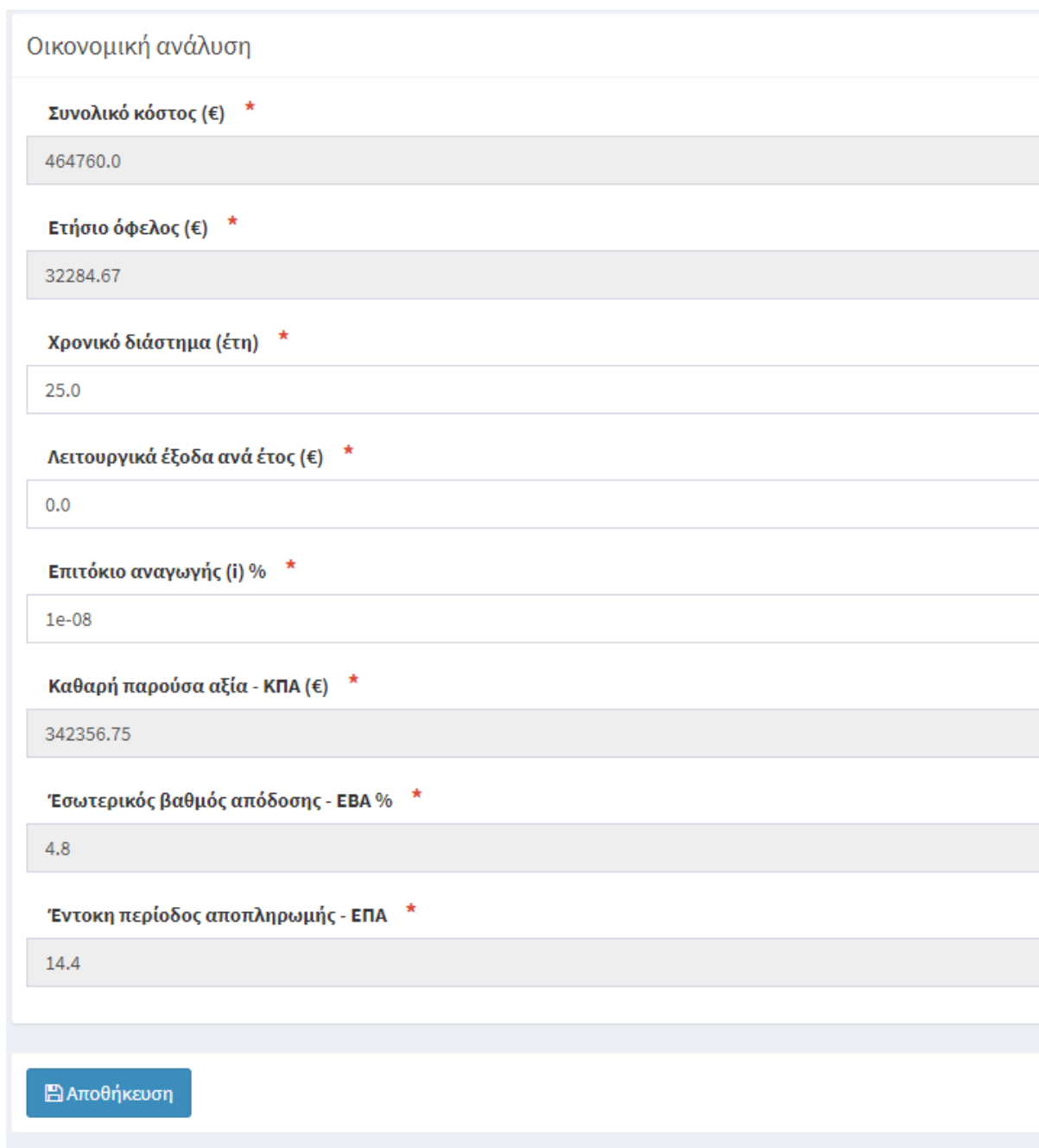
Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου υπολογίστηκε μέσω του προγράμματος Google Earth Pro με την χρήση του εργαλείου Ruler-Polygon. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε πρώτα η περίμετρος και το εμβαδό της οροφής του κτιρίου και προέκυψαν οι εξής τιμές: περίμετρος 310 m. και εμβαδόν 1.500 m<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνεια της εξωτερικής τοιχοποιίας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της περιμέτρου επί το ύψος, δηλαδή 310m x 14,5m = 4.495 m<sup>2</sup>. Από την τιμή αυτή αφαιρείται η συνολική επιφάνεια των κουφωμάτων ανοιγμάτων, η οποία προέκυψε 621,6 m<sup>2</sup> (Ο υπολογισμός αυτός παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω στην εφαρμογή του σεναρίου “Αντικατάσταση παλαιών Υαλοπινάκων”). Άρα προκύπτει τελική επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας 4.495m<sup>2</sup> - 621,6m<sup>2</sup> = 3.873,4 m<sup>2</sup>. Το κόστος εφαρμογής της μόνωσης προέκυψε από πραγματική προσφορά και ανέρχεται στα 120 € ανά m<sup>2</sup>. Συγκεκριμένα, η μόνωση που εφαρμόζεται, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα του προγράμματος, πραγματοποιείται με εξής υλικά: Επίχρισμα εσωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,02m, Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,02m, Θερμομονωτικό επίχρισμα (σοβά) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,08 με πάχος 0,03m, Υαλόπλεγμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,05 με πάχος 0,02m, Πλάκες πολυστερίνης με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,04 με πάχος 0,04m και Κόλλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,19 με πάχος 0,02m. Ο συνολικός συντελεστής U που προκύπτει, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης, είναι 0,35 με ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών σε kW 98,4705 και οι ωριαίες απώλειες θερινών μηνών σε kW 17,0956.

Για την οικονομική ανάλυση του σεναρίου χρειάστηκε να εισάγουμε τις ετήσιες ώρες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, οι οποίες ορίστηκαν ως εξής:

Ωρες θέρμανσης ετησίως= 540 ώρες (8 μήνες)

Ωρες ψύξης ετησίως= 200 ώρες (4 μήνες)

Οι μήνες, κατά τους οποίους θερμαίνεται και ψύχεται το κτίριο, αναλύονται στο κεφάλαιο 4.2.1 “Εφαρμογή TCV στο Σχολείο Savona Colombo-Pertini”.




Εικόνα 4.74 “Οικονομική Ανάλυση του Σεναρίου Εφαρμογής Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας για το Σχολείο Savona Colombo-Pertini”

Το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 464.760 € με ετήσιο όφελος 32.284,67 €. Το χρονικό διάστημα της επένδυσης ορίστηκε στα 25 έτη, ενώ η εγγύηση της μόνωσης είναι για 10 χρόνια. Βεβαίως, η εξοικονόμηση ενέργειας, λόγω της εφαρμογής της θερμομόνωσης, θα εξακολουθήσει να ισχύει και μετά το πέρας των 25 ετών σε μικρότερο βαθμό, γεγονός όμως το οποίο δεν συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα στην μελέτη. Τα λειτουργικά έξοδα ανά έτος

θεωρούνται μηδενικά. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) σε ευρώ βάσει μηδενικού επιτοκίου αναγωγής, που ισχύει για την Ευρωπαϊκή Ένωση την δεδομένη χρονική στιγμή (Central Bank News, 2016), είναι θετική με τιμή 342.356,75 €. Το πρόγραμμα κρίνει την δράση βιώσιμη, λόγω της ύπαρξης θετικής Καθαρής Παρούσας Αξίας, και επιπλέον θεωρείται απαραίτητη για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής κλάσης του κτιρίου ώστε να συμβαδίσει με την ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με σκοπό την αναβάθμιση των κτιρίων σε ενεργειακά αποδοτικότερα και γενικότερα την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής: Στο δεύτερο σενάριο, όσον αφορά την Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα όπως και στην Εφαρμογή Θερμομόνωσης Εξωτερικής Τοιχοποιίας. Τα υλικά της υφιστάμενης οροφής προέκυψαν από την μελέτη του Πανεπιστημίου του Τορίνο της Ιταλίας για την τυπολογία των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωση (Episcopo, 2016). Τα υλικά της οροφής για κτίρια, τα οποία έχουν κτιστεί το χρονικό διάστημα 1930-1975 στην Ιταλία, είναι Flat Roof with Reinforced Brick-Concrete Slab με συντελεστή  $U=1,85$  (Corrado, V., et al., 2012).

	Flat roof with reinforced brick-concrete slab	1930	1975	1.85
---	---	------	------	------

Εικόνα 4.75 ‘‘Συντελεστής U της Οροφής για Κτίρια της Ιταλίας του 1930-1975’’

Όπως με την επιλογή της θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας, έτσι και με την επιλογή θερμομόνωσης οροφής, που θα προστεθεί, λήφθηκαν υπόψη οι κανονισμοί της Ιταλίας, όπως έχουν παρουσιαστεί παραπάνω. Δεδομένης της θέσης της πόλης Σαβόνας, όπως διαφαίνεται στον χάρτη, αυτή ανήκει στην κλιματική ζώνη D. Για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη οι μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή U, τις οποίες μπορεί να λάβει η οροφή, είναι 0,32.

## Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης της οροφής:

Παλαιά υλικά οροφής

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda$ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )
1	Ασβεστοκονίαμα	0,8700	0,030	1500,00
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,0300	0,170	1500,00
3	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (τυκν.1600)	0,7900	0,200	1500,00

Συντελεστής U

**1,85**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):

**199,4861**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):

**34,6330**

Νέα υλικά οροφής					
#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	0,060	1500,0	99240,00
2	Ασβεστοκονίαμα	0,87	0,030	1500,0	0,00
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,03	0,170	1500,0	0,00
4	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1600)	0,79	0,200	1500,0	0,00
5	Υαλόπλεγμα	0,05	0,020	1500,0	1260,00
6	Κόλλα	0,19	0,020	1500,0	2925,00
7	Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,020	1500,0	3825,00
8	Συνθετικά υλικά,ρητίνες,σιλικόνες	0,05	0,025	1500,0	5250,00

Συντελεστής U  
**0,31**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):  
**33,3713**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):  
**5,7936**

Εικόνα 4.76 ‘‘Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής’’

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, η υφιστάμενη τοιχοποιία της οροφής που προστέθηκε στο πρόγραμμα είναι: Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,03m, Οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=2,03 με πάχος 0,17m και τέλος, Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1600) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,79 και πάχος 0,20m. Ο συνολικός συντελεστής U φέρει τελική τιμή 1,85, όπως προβλέπεται από την τυπολογία του κτιρίου. Οι ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών ανέρχονται σε 199,4861 kW και οι ωριαίες απώλειες θερινών μηνών σε 34,6330 kW, για συνολική επιφάνεια οροφής 1.500 m<sup>2</sup>.

Για την μόνωση, που προτείνουμε να εφαρμοστεί, προκύπτει συντελεστής U=0,31, τιμή η οποία είναι αποδεκτή καθώς είναι μικρότερη από το όριο της μέγιστης επιτρεπτής τιμής 0,32 για την θερμική ζώνη D. Αντίστοιχα, για λόγους ελαχιστοποίησης εξόδων αποφεύγεται η επιλογή μόνωσης με μικρότερο συντελεστή U, αποφεύγοντας σημαντική αύξηση στο κόστος.

Η επιπρόσθετη μόνωση, που εφαρμόζεται στο πρόγραμμα, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, είναι με τα εξής υλικά: Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,05 και πάχος 0,025m με τιμή 3,50 €/m<sup>2</sup>, Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 και πάχος 0,02m με τιμή 2,55 €/m<sup>2</sup>, Υαλόπλεγμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,05 και πάχος 0,02m με τιμή 0,84 €/m<sup>2</sup>, Κόλλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,19 με πάχος 0,02m με τιμή 1,95 €/m<sup>2</sup> και τελικά Διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,036 και πάχος 0,06m με τιμή 66,16 €/m<sup>2</sup>. Στο κόστος της Διογκωμένης πολυστερίνης προστέθηκαν και τα επιπλέον έξοδα όπως για εργατικά και κόστος εγκατάστασης. Η τελική τιμή της εφαρμογής θερμομόνωσης οροφής ανέρχεται σε 75 €/m<sup>2</sup> και προέκυψε από πραγματική προσφορά. Ο τελικός συνολικός



συντελεστής U που προκύπτει, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης, είναι 0,31 με ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών σε kW 33,3713 και οι ωριαίες απώλειες θερινών μηνών σε kW 5,7936.

Τα στοιχεία που προκύπτουν από την εφαρμογή της θερμομόνωσης της οροφής παρουσιάζονται παρακάτω:

Στοιχεία θερμομόνωσης οροφής	
<b>Επιφάνεια οροφής (m<sup>2</sup>) *</b>	1500
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>	19537.47
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>	60888.63
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>	3273.85
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>	10202.96
Ενεργειακά οφέλη	
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Θερινοί μήνες</b>	16263.62
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Χειμερινοί μήνες</b>	50685.67
<b>Συνολικό κέρδος σε ενέργεια (kWh)</b>	66949.29
Οικονομικά οφέλη	
<b>Κέρδος (€) - Θερινοί μήνες</b>	4362.05
<b>Κέρδος (€) - Χειμερινοί μήνες</b>	4663.08
<b>Συνολικό κέρδος (€)</b>	9025.13

Εικόνα 4.77 ‘‘Στοιχεία Θερμομόνωσης Οροφής μαζί με τα Ενεργειακά και Οικονομικά Οφέλη’’

Στο παραπάνω σημείο του προγράμματος υπολογίζονται μέσω του BEMAT οι ετήσιες απώλειες σε kWh ανά χρόνο για τους θερινούς και χειμερινούς μήνες, πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης. Βάσει των στοιχείων αυτών προκύπτουν τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη, που αποδίδονται στην δράση αυτή. Πιο συγκεκριμένα, τα κέρδη ανέρχονται σε 16.263,62 kWh για τους θερινούς μήνες και 50.685,67 kWh, δηλαδή συνολικά 66.949,29 kWh με συνολικό όφελος 9.025,13 € ετησίως.

Στο τελευταίο βήμα πραγματοποιείται η οικονομική ανάλυση της δράσης, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:

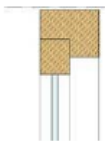
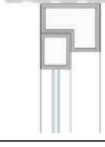
Οικονομική ανάλυση	
<b>Συνολικό κόστος (€) *</b>	112500.0
<b>Χρονικό διάστημα (έτη) *</b>	25.0
<b>Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) *</b>	100.0
<b>Επιτόκιο αναγωγής (i) % *</b>	1e-08
<b>Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) *</b>	110628.25
<b>Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % *</b>	6.2
<b>Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ *</b>	12.47

[Αποθήκευση](#)



Το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 112.500 € ενώ το χρονικό διάστημα της επένδυσης ορίστηκε στα 25 έτη. Η εξοικονόμηση ενέργειας, όπως και στην περίπτωση της εφαρμογής θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας, θα εξακολουθήσει να ισχύει και μετά το πέρας των 25 ετών με μειωμένη απόδοση, γεγονός όμως, το οποίο δεν συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα στην μελέτη. Τα λειτουργικά έξοδα ανά έτος ορίζονται στα 100 € ετησίως κυρίως για λόγους συντήρησης και ελέγχου. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) σε ευρώ βάσει μηδενικού επιτοκίου αναγωγής, που ισχύει για την Ευρωπαϊκή Ένωση την δεδομένη χρονική στιγμή (Central Bank News, 2016), είναι θετική με τιμή 110.628,25, οπότε και κρίνεται βιώσιμη δράση. Η δράση αυτή εκτός του οικονομικού οφέλους, συνδράμει και στις προσπάθειες της Ε.Ε. για βελτίωση του ενεργειακού χαρακτήρα των κτιρίων και μέσω αυτής στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση της ενεργειακής σπατάλης.

Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων: Το τελευταίο σενάριο ενεργειακής βελτίωσης αποτελεί η αντικατάσταση των παλαιών υαλοπινάκων. Η επιλογή των υφιστάμενων υαλοπινάκων βασίστηκε και πάλι στην μελέτη του Πανεπιστημίου του Τορίνο της Ιταλίας, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Episcopo Project. Οι υαλοπίνακες, που προέκυψαν από την μελέτη, για κτίρια, τα οποία έχουν κτιστεί μέχρι το 1975 στην Ιταλία, είναι Single glass, metal frame without thermal break με συντελεστή  $U=5,7$ , δηλαδή μονός υαλοπίνακας σε μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμομόνωση (Corrado, V., et al., 2012).

WINDOWS					
DESCRIPTION	PERIOD		$U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$g_{gl,n}$ [-]	
	from	to			
 Single glass, wood frame	-	1975	4.9	0.85	
 Single glass, metal frame without thermal break	-	1975	5.7	0.85	

Εικόνα 4.79 “Συντελεστής  $U$  των Υαλοπινάκων για Κτίρια της Ιταλίας τα οποία έχουν κτιστεί πριν το 1975”

Όπως και στα προηγούμενα δύο σενάρια, έτσι και στην επιλογή των καινούργιων υαλοπινάκων, λήφθηκαν υπόψη οι κανονισμοί της Ιταλίας, όπως έχουν παρουσιαστεί παραπάνω. Δεδομένης της θέσης της πόλης Σαβόνας, όπως διαφαίνεται στον χάρτη, αυτή ανήκει στην κλιματική ζώνη D. Για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη οι μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή  $U$ , τις οποίες μπορούν να λάβουν οι υαλοπίνακες, είναι 1,9.

## Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν στην αντικατάσταση των υαλοπινάκων:

**Στοιχεία αντικατάστασης υαλοπινάκων**

**Παλιος δείκτης αγωγιμότητας U \***

**Νέος δείκτης αγωγιμότητας U \***

**Επιφάνεια υαλοπινάκων (m<sup>2</sup>)**

**Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την αλλαγή των υαλοπινάκων - Θερινούς Μήνες \***

**Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την αλλαγή των υαλοπινάκων - Χειμερινούς Μήνες \***

**Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την αλλαγή των υαλοπινάκων - Θερινούς Μήνες \***

**Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την αλλαγή των υαλοπινάκων - Χειμερινούς Μήνες \***

Εικόνα 4.80 “Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων”

Ο υπολογισμός της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου πραγματοποιήθηκε πάλι μέσω του προγράμματος Google Earth Pro με την χρήση του εργαλείου Ruler-Polygon και με την χρήση του Street View με σκοπό την καταμέτρηση των παραθύρων κάθε πλευράς του κτιρίου. Συνολικά βρέθηκαν 5 διαφορετικά μεγέθη παραθύρων στο κτίριο με τις εξής διαστάσεις και πλήθη:

Πίνακας 4.14 “Υπολογισμός Συνολικού Εμβαδού Υαλοπινάκων”

Τύπος:	A	B	Γ	Δ	Ε
<b>Διαστάσεις (mxm)</b>	1.4x2.1	3x1.5	3.6x0.9	4.5x0.9	5.4x0.9
<b>Εμβαδόν (m<sup>2</sup>)</b>	2.94	4.5	3.24	4.05	4.86
<b>Πλήθος</b>	157	28	5	2	2
<b>Συνολικό Εμβαδόν ανά Τύπο (m<sup>2</sup>)</b>	461.58	126	16.2	8.1	9.72
<b>Συνολικό Εμβαδόν Υαλοπινάκων (m<sup>2</sup>)</b>	<b>621.6</b>				

Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα τις ετήσιες απώλειες σε kWh για τους θερινούς και τους χειμερινούς μήνες, πριν και μετά την αντικατάσταση. Βάσει των στοιχείων αυτών προκύπτουν τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που επιφέρει η δράση αυτή. Πιο συγκεκριμένα, η εξοικονόμηση ενέργειας για τους θερινούς μήνες ανέρχεται σε 5.509,67 kWh και 17.170,93 kWh για τους χειμερινούς μήνες με συνολική εξοικονόμηση 22.680,6 kWh και αντίστοιχο οικονομικό όφελος 3.057,47 € ετησίως.

Ενεργειακά οφέλη	Οικονομικά οφέλη
Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Θερινοί μήνες	Κέρδος (€) - Θερινοί μήνες
5509.67	1477.74
Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Χειμερινοί μήνες	Κέρδος (€) - Χειμερινοί μήνες
17170.93	1579.73
Συνολικό κέρδος σε ενέργεια (kWh)	Συνολικό κέρδος (€)
22680.6	3057.47

Εικόνα 4.81 “Ενεργειακά και Οικονομικά Οφέλη του Σεναρίου Αντικατάστασης Παλαιών Υαλοπινάκων”

### Οικονομική ανάλυση

**Συνολικό κόστος (€) \***

107419.0

**Χρονικό διάστημα (έτη) \***

25.0

**Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) \***

0.0

**Επιτόκιο αναγωγής (i) % \***

1e-08

**Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) \***

-30982.25

⚠ Μη βιώσιμη δράση!

**Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % \***

0

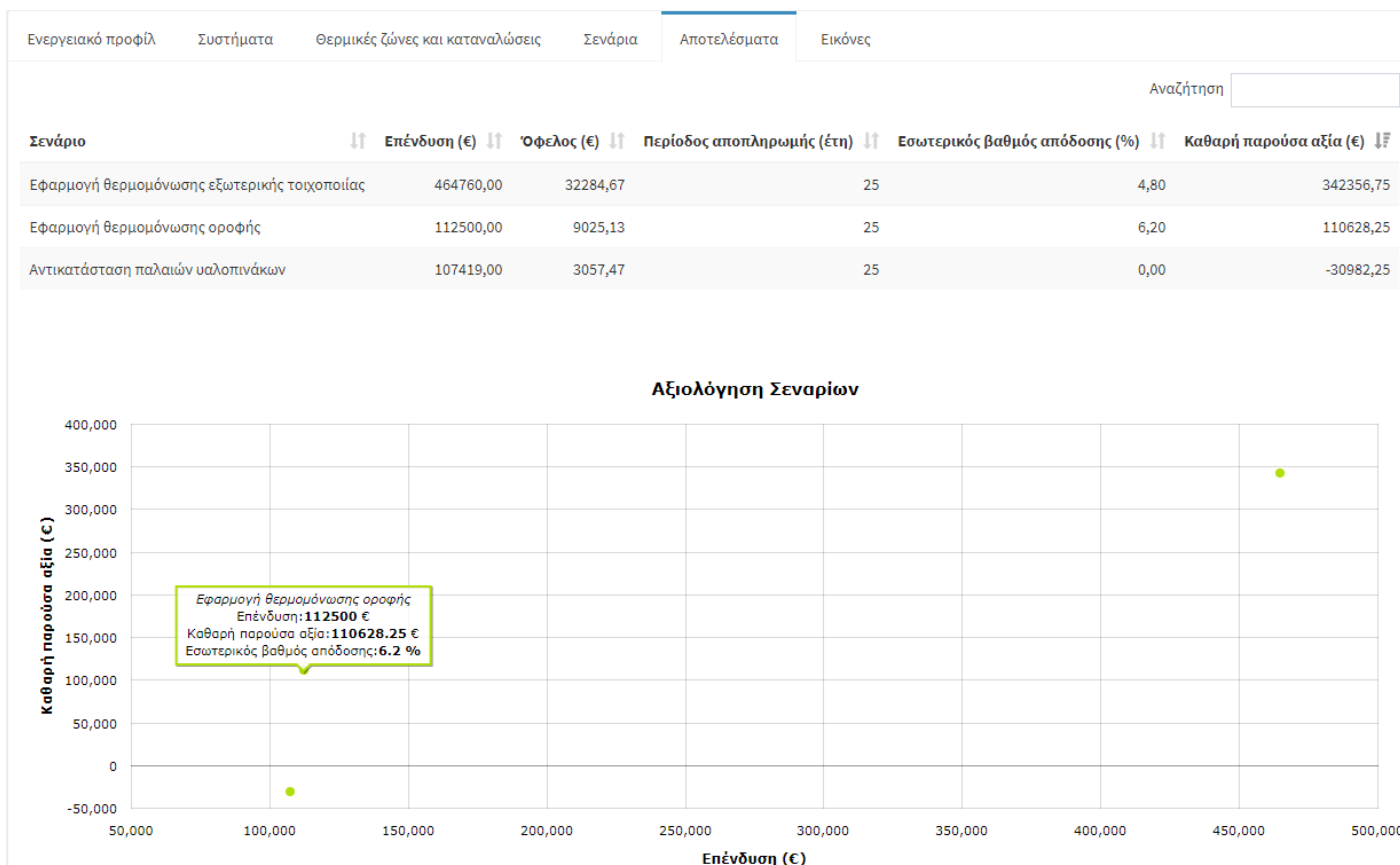
**Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ \***

0

⚠ Δε νοείται Έντοκη περίοδος αποπληρωμής όταν η Καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική!

[Αποθήκευση](#)

Η οικονομική ανάλυση του σεναρίου εμφανίζει το συνολικό κόστος της επένδυσης, το οποίο είναι 107.419 €. Το χρονικό διάστημα της επένδυσης ορίστηκε στα 25 έτη, ενώ η εγγύηση των υαλοπινάκων την οποία δίνει ο κατασκευαστής είναι 10 χρόνια. Τα λειτουργικά έξοδα ανά έτος θεωρούνται μηδενικά. Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) σε ευρώ βάσει μηδενικού επιτοκίου αναγωγής, που ισχύει για την Ευρωπαϊκή Ένωση την δεδομένη χρονική στιγμή (Central Bank News, 2016), είναι αρνητική με τιμή -30.982,25 €. Το πρόγραμμα κρίνει την δράση μη βιώσιμη, λόγω της ύπαρξης αρνητικής Καθαρής Παρούσας Αξίας, και θεωρείται ασύμφορη.



Εικόνα 4.83 “Αποτελέσματα της Εφαρμογής του BEMAT στο Σχολείο Savona Colombo-Pertini “

Με την αντικατάσταση των παλαιών υαλοπινάκων ολοκληρώνεται η εφαρμογή του BEMAT στο κτίριο του σχολείου “Savona Colombo-Pertini”. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εμφανίσει στην καρτέλα “Αποτελέσματα” μια συνολική παρουσίαση των σεναρίων που εφαρμόστηκαν με τα οικονομικά στοιχεία της κάθε προτεινόμενης δράσης. Ακόμη δίνεται μια γραφική παράσταση με τίτλο “Αξιολόγηση Σεναρίων” στην οποία προβάλλονται σε δύο άξονες η Καθαρή Παρούσα Αξία (€) και η Επένδυση (€) για τα σενάρια, που εφαρμόστηκαν.

#### 4.3.2 Εφαρμογή BEMAT στην Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus”

Η εφαρμογή του BEMAT στην Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus” πραγματοποιήθηκε με την δημιουργία ενός νέου έργου στον υπάρχοντα λογαριασμό. Τα δεδομένα, που εισήχθησαν αρχικά για την δημιουργία του έργου, είναι οι ιδιότητες του, στις οποίες εισάγεται το όνομα του έργου, και τα κόστη ανά kWh σε € για καύσιμα, ρεύμα, φυσικό αέριο και βιομάζα.

Εικόνα 4.84 “Ιδιότητες Έργου της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus στο BEMAT”

Ύστερα, πραγματοποιείται η εισαγωγή γενικών πληροφοριών και στοιχείων, που αφορούν το έργο, όπως:

- το Έτος Κατασκευής: 1992,
- η ύπαρξη Μόνωσης: Μερικώς,
- η ύπαρξη Πιστοποίησης: Δε γνωρίζω,
- η Ενεργειακή Κλάση: F,
- ο Προσανατολισμός: Ανατολικός,
- η Συνολική Εξεταζόμενη Επιφάνεια: 21.500 m<sup>2</sup>,
- η Δόμηση: Ημιαστική και
- το Ωράριο Λειτουργίας: καθημερινές 08:00-18:00.

The screenshot displays the BEMAT interface for building management. The main title is "Επεξεργασία κτιρίου" (Building Management). Below it, there's a search bar and a sidebar with navigation options like "Κεντρική" and "Τα έργα μου". The main content area shows details for the building "Πανεπιστημιούπολη «Savona Campus»".

**Στοιχεία κτιρίου**

- Επιφάνεια Κτιρίου \***: Σύνολο κτιρίου
- Χρήση Κτιρίου \***: Κτίρια Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης
- Περιγραφή \***: Πανεπιστημιούπολη «Savona Campus», Ιταλία
- Έτος Κατασκευής**: 1992

**Μονωμένο**

- Μερικώς
- Πιστοποιημένο**: -----
- Ενεργειακή Κλάση**: F
- Προσανατολισμός**: Ανατολικός
- Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)**: 21500.0
- Εξεταζόμενη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) \***: 21500.0
- Αριθμός Εξεταζόμενων Ορόφων \***: 1
- Ισόγειο, τυχόν ημιώροφοι και υπόγεια να προσμετρηθούν ως ξεχωριστοί όροφοι.
- Ύψος ορόφου (m)**: 3.0
- Δόμηση \***: Ημιαστική

**Ημέρες Μη Λειτουργίας \***: \* Κυριακή \* Σάββατο

**Περισσότερες πληροφορίες**

**Ωράριο Λειτουργίας**

- Ανοιχτό από (καθημερινές)**: 08:00:00
- Ανοιχτό έως (καθημερινές)**: 18:00:00
- Ανοιχτό από (ΣΚ)**: [Empty field]
- Ανοιχτό έως (ΣΚ)**: [Empty field]

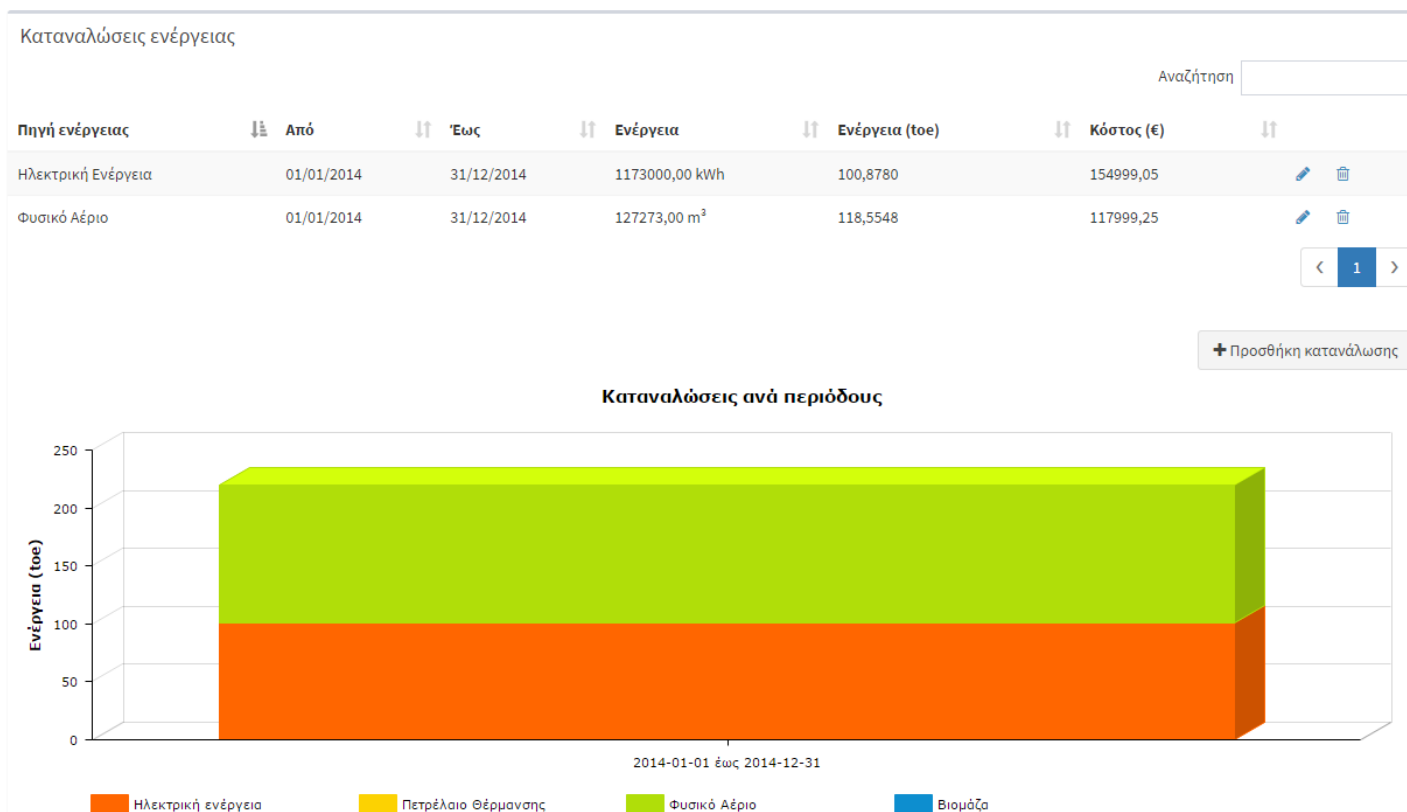
Buttons: Αποθήκευση αλλαγών, Πίσω στο κτίριο

Footer: EPU © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνες 4.85 ‘Γενικές Πληροφορίες της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus στο BEMAT’

Σε επόμενο βήμα, διαμορφώνουμε το “Ενεργειακό Προφίλ” του κτιρίου βάση των ετήσιων καταναλώσεών του, οι οποίες χωρίζονται σε Ηλεκτρικές, με 1.173.000 kWh, και σε Φυσικό Αέριο, με ετήσια κατανάλωση 127.273 m<sup>3</sup>. Το κόστος ορίζεται σε 155.000 € για Ηλεκτρική Ενέργεια και 118.000 € για το Φυσικό Αέριο με αντίστοιχες τιμές ανά kWh 0,132139 € και 0,084285 €





Εικόνα 4.86 “Καρτέλα Ενεργειακό Προφίλ της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus στο BEMAT”

Αμέσως μετά, επιλέγονται τα Σενάρια ενεργειακής βελτίωσης από τα έντεκα διαθέσιμα (11) ανάλογα με τις δυνατότητες, που μας δίνονται. Πιο συγκεκριμένα, θα εφαρμοστούν το Σενάριο της “Εφαρμογής Θερμομόνωσης Οροφής” και το Σενάριο της “Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών”. Για τα υπόλοιπα σενάρια δεν διαθέτουμε επαρκή στοιχεία και λεπτομέρειες, ώστε να υλοποιηθούν αποτελεσματικά και με ακρίβεια.

Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής: Αρχικά, μελετήθηκαν οι οροφές των κτιρίων για το χρονικό διάστημα στο οποίο έχουν κτιστεί τα κτίρια της Πανεπιστημιούπολης “Savona Campus”. Η τελική επιλογή των υφιστάμενων υλικών της οροφής προέκυψαν από την μελέτη του Πανεπιστημίου του Τορίνο της Ιταλίας για την τυπολογία των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωση (Eriscope, 2016). Τα υλικά της οροφής για κτίρια, τα οποία έχουν κτιστεί το χρονικό διάστημα 1991-2005 στην Ιταλία, είναι Flat Roof with Reinforced Brick-Concrete Slab, medium Insulation με συντελεστή  $U=0,70$  (Corrado, V., et al., 2012).

	Flat roof with reinforced brick-concrete slab, medium insulation	1991	2005	0.70
--	--	------	------	------

Εικόνα 4.87 “Συντελεστής U της Οροφής για Κτίρια της Ιταλίας του 1991-2005”

Η επιλογή της θερμομόνωσης οροφής, που θα προστεθεί, έγινε βάση των κανονισμών της Ιταλίας για θερμομονώσεις, όπως έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο ‘3.7 Εφαρμογή Building Energy Management Tool (BEMAT)’. Δεδομένης της θέσης της πόλης Σαβόνα, όπως διαφαίνεται στον χάρτη, αυτή ανήκει στην κλιματική ζώνη D. Για την συγκεκριμένη κλιματική ζώνη οι μέγιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή U, τις οποίες μπορεί να λάβει η οροφή, είναι 0,32.

## Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης της οροφής:

### Παλαιά υλικά οροφής

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,0300	0,135	8790,00
2	Ασβεστοκονίαμα	0,8700	0,030	8790,00
3	Υαλοβάμβακας	0,0400	0,035	8790,00
4	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7000	0,200	8790,00

Συντελεστής U  
**0,70**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW): **442,0481**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW): **76,7445**

### Νέα υλικά οροφής

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
1	Ασβεστοκονίαμα	0,87	0,030	8790,0	0,00
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,03	0,135	8790,0	0,00
3	Υαλοβάμβακας	0,04	0,035	8790,0	0,00
4	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7	0,200	8790,0	0,00
5	Υαλόπλεγμα	0,05	0,020	8790,0	7384,00
6	Κόλλα	0,19	0,020	8790,0	17141,00
7	Επίχρησμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,020	8790,0	22415,00
8	Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες	0,05	0,020	8790,0	30765,00
9	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	0,030	8790,0	555175,00

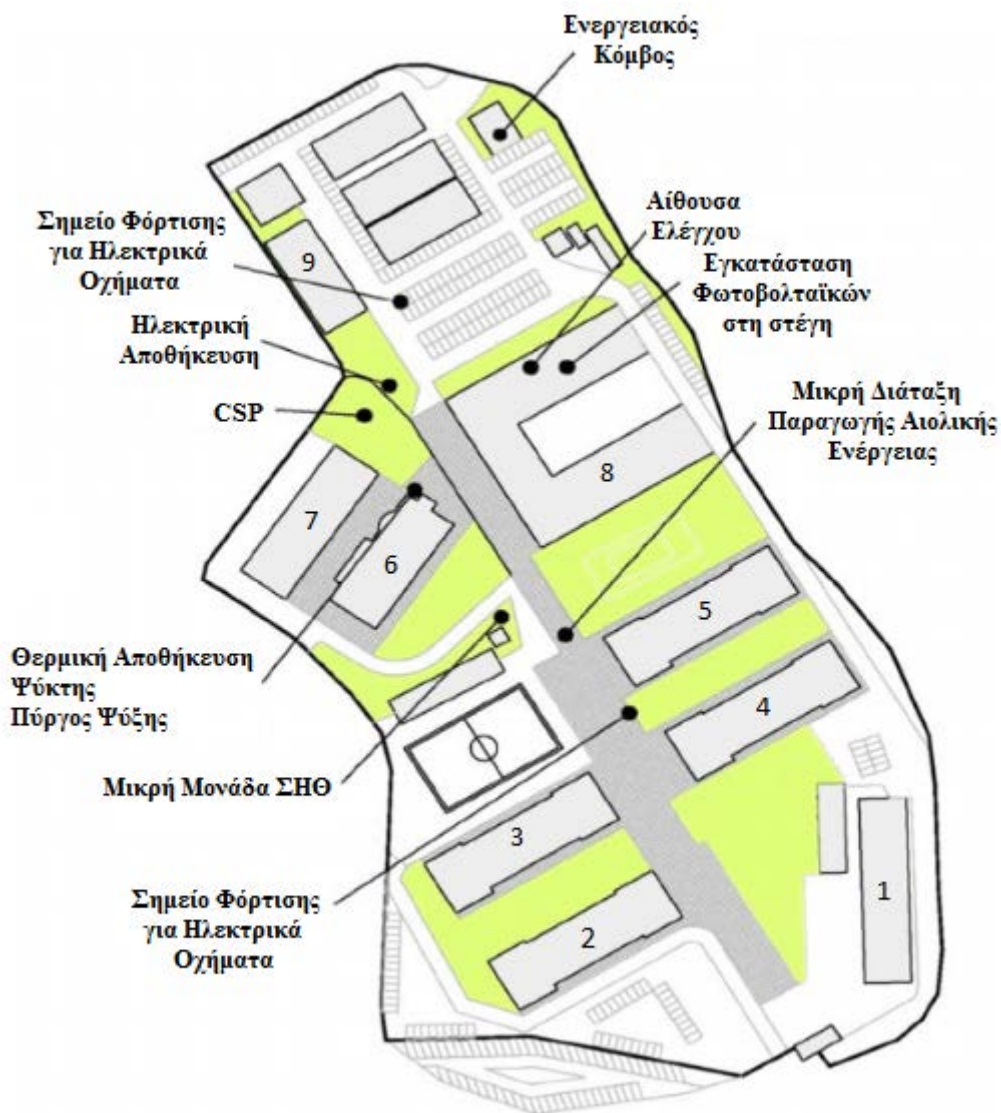
Συντελεστής U  
**0,31**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW): **198,1909**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW): **34,4081**

Εικόνα 4.88 ‘Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής’

Η υφιστάμενη τοιχοποιία της οροφής, που προστέθηκε στο πρόγραμμα είναι: Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 με πάχος 0,03m, Οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=2,03 με πάχος 0,135m, Υαλοβάμβακας με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,04 με πάχος 0,035m και τέλος, Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,70 και πάχος 0,20m. Ο συνολικός συντελεστής U που προκύπτει έχει τιμή 0,70 ενώ οι ωριαίες απώλειες χειμερινών και θερινών μηνών ανέρχονται σε 442,0481 kW και 76,7445 kW αντίστοιχα, για συνολική επιφάνεια οροφής 8.790 m<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνεια των οροφών μετρήθηκε με την βοήθεια του εργαλείου Ruler-Polygon του προγράμματος Google Earth Pro. Τα εννέα (9) κτίρια, που μετρήθηκαν, για τα οποία προτάθηκαν οι εφαρμογές θερμομόνωσης οροφής, παρουσιάζονται παρακάτω:



Σχήμα 4.11 “Χάρτης της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus και Αρίθμηση των Κτιρίων για τα οποία πραγματοποιήθηκε Μελέτη Εφαρμογής Θερμομόνωσης Οροφής”

Πίνακας 4.15 “Υπολογισμός Συνολικού Εμβαδού Οροφών”

Κτίριο:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Περίμετρος (m)	157	161	161	161	161	125	126	350	102
Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	884	805	805	805	805	802	711	2632	541
Συνολικό Εμβαδόν Οροφών (m <sup>2</sup> )	<b>8790</b>								

Όπως και στο Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”, η μέγιστη αποδεκτή τιμή του συντελεστή U για την καινούργια θερμομόνωση για κτίρια, που βρίσκονται στην θερμική ζώνη D, είναι

0,32, με αποτέλεσμα την επιλογή της τιμής  $U=0,31$ , αποφεύγοντας περιττή αύξηση του κόστους εφαρμογής.

Τα νέα υλικά της οροφής, που προστέθηκαν είναι: Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλκόνες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,05 και πάχος 0,02m με τιμή 3,50 €/m<sup>2</sup>, Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,87 και πάχος 0,02m με τιμή 2,55 €/m<sup>2</sup>, Υαλόπλεγμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,05 και πάχος 0,02m με τιμή 0,84 €/m<sup>2</sup>, Κόλλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,19 με πάχος 0,02m με τιμή 1,95 €/m<sup>2</sup> και τελικά Διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,036 και πάχος 0,03m με τιμή 63,15 €/m<sup>2</sup>. Στο κόστος της Διογκωμένης πολυστερίνης προστέθηκαν και τα επιπλέον έξοδα, όπως για εργατικά και κόστος εγκατάστασης. Η τελική τιμή της εφαρμογής θερμομόνωσης οροφής ανέρχεται σε 72 €/m<sup>2</sup> και προέκυψε από πραγματική προσφορά. Ο τελικός συνολικός συντελεστής  $U$ , που προκύπτει, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης, είναι 0,31 με ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών σε kW 198,1909 και οι ωριαίες απώλειες θερινών μηνών σε kW 34,4081.

Οι ετήσιες απώλειες που προέκυψαν από το πρόγραμμα και τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη παρουσιάζονται παρακάτω:

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 113.197 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 352.779 kWh

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 50.130,1 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 156.230,7 kWh

Από τις τιμές αυτές προκύπτουν συνολικά ενεργειακά οφέλη 259.615,2 kWh και αντίστοιχο συνολικό οικονομικό όφελος 26.416,04€.

Στοιχεία θερμομόνωσης οροφής

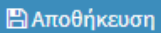
<b>Επιφάνεια οροφής (m<sup>2</sup>) *</b>
8790
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>
113197
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>
352779
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>
50130.1
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>
156230.7

Ενεργειακά οφέλη	Οικονομικά οφέλη
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Θερινοί μήνες</b>	<b>Κέρδος (€) - Θερινοί μήνες</b>
63066.9	8333.6
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Χειμερινοί μήνες</b>	<b>Κέρδος (€) - Χειμερινοί μήνες</b>
196548.3	18082.44
<b>Συνολικό κέρδος σε ενέργεια (kWh)</b>	<b>Συνολικό κέρδος (€)</b>
259615.2	26416.04

Εικόνα 4.89 ‘Στοιχεία Θερμομόνωσης Οροφής μαζί με τα Ενεργειακά και Οικονομικά Οφέλη’

Τα αποτελέσματα της τελικής οικονομικής ανάλυσης υπολογίζονται αυτόματα μέσω του προγράμματος μετά την εισαγωγή του χρονικού διαστήματος (25 χρόνια) της επένδυσης, των λειτουργικών εξόδων ανά έτος (500 €) και τελικά του Επιτοκίου αναγωγής (0%) το οποίο ισχύει στην ΕΕ (Central Bank News, 2016). Το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 632.880€ με ετήσιο όφελος 26.416,04 € Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) της επένδυσης είναι θετική με τιμή 15021 € οπότε και κρίνεται βιώσιμη δράση.

Οικονομική ανάλυση	
<b>Συνολικό κόστος (€) *</b>	632880.0
<b>Χρονικό διάστημα (έτη) *</b>	25.0
<b>Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) *</b>	500.0
<b>Επιτόκιο αναγωγής (i) % *</b>	1e-08
<b>Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) *</b>	15021
<b>Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % *</b>	0.2
<b>Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ *</b>	23.96





© 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνα 4.90 ‘‘Οικονομική Ανάλυση του Σεναρίου Εφαρμογής Θερμομόνωσης Οροφής της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus’’

*Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών:* Το δεύτερο σενάριο που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί αποτελεί η εγκατάσταση μιας φωτοβολταϊκής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος της τάξης των 20 kWp. Η Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’ διαθέτει ήδη μια φωτοβολταϊκή μονάδα της τάξης των 80 kWp. Η δράση κρίθηκε αναγκαία και ταυτόχρονα εύκολα υλοποιήσιμη, διότι, αφενός βάση των στοιχείων που διαθέτουμε οι ενεργειακές ανάγκες της πανεπιστημιούπολης υπολογίζονται στα 100 kW (έτσι επιλέχθηκε και το μέγεθος της εγκατάστασης: 100 kW - 80 kWp = 20 kWp), και αφετέρου υπάρχει αρκετός χώρος, εύκολα προσβάσιμος με ισχυρά θεμέλια, ώστε να στηριχθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Για την επιλογή της εγκατάστασης και την οικονομική μελέτη πραγματοποιήθηκε έρευνα αγοράς και τα τελικά δεδομένα προέκυψαν από πραγματική προσφορά.

## Εγκατάσταση Φ/Β Συστήματος

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν στην εγκατάσταση του συστήματος Φωτοβολταϊκών:

Εγκατάσταση Φ/Β Συστήματος

	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας (€)	Δαπάνη (€)
Φωτοβολταϊκά πλαίσια	67	185.0	12395
Μεταλλικές βάσεις στήριξης	67	120.0	8040
Σωληνώσεις κλπ.	0	0.0	0
Καλωδιώσεις	20	20.0	400
Μετατροπέας ισχύος	1	130.0	130
Μεταφορά, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία	20	200.0	4000

Εικόνα 4.91 “Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Συστήματος”

### Ενεργειακοί δείκτες

**Ισχύς ανά πλαίσιο (W) \***

**Βαθμός απόδοσης συλλεκτών (%) \***

**Κλίση τοποθέτησης (°) \***

**Χρήση Φ/Β**

**Τύπος Φ/Β συστήματος**

**Επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m<sup>2</sup>)**

**Χωρητικότητα συσσωρευτών αποθήκευσης (Ah)**

**Τάση συσσωρευτών (V)**

**Τύπος μετατροπέα (inverter)**

**Προσανατολισμός**

Τα Πλαίσια που επιλέχθηκαν έχουν ισχύ 300 W ανά πλαίσιο με Βαθμό απόδοσης 17,89% και κλίση τοποθέτησης 20°. Οι διαστάσεις του κάθε πλαισίου είναι 1,675m x 1,001m και επιφάνεια 1,67 m<sup>2</sup>, οπότε και συνολική επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών περίπου 112 m<sup>2</sup>. Για μια εγκατάσταση 20 kWp με ηλιακούς συλλέκτες των 300 W χρειάζονται συνολικά  $20.000/300 = 66,667$  συλλέκτες, άρα με 67 συλλέκτες καλύπτουμε το επιθυμητό ποσό των 20 kWp. Η τιμή μονάδας για τον κάθε συλλέκτη και τα επιπλέον έξοδα για μεταλλικές βάσεις στήριξης, καλωδιώσεις κλπ. που χρειάζονται για την εγκατάσταση φαίνονται στην παραπάνω εικόνα με τίτλο “Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Συστήματος”.

Τα αναλυτικά στοιχεία των προτεινόμενων φωτοβολταϊκών πλαισίων υπάρχουν στον παρακάτω υπερσύνδεσμο:

Εικόνα 4.92 “Ενεργειακοί Δείκτες του Σεναρίου Εγκατάστασης Φ/Β Συστήματος”



[http://www.solarworld.de/fileadmin/downloads\\_new/produkt/sunmodule/datenblaetter/de/mo-no/sw\\_sunmodule\\_plus\\_290-300\\_mono\\_5bb\\_blackframe\\_de.pdf](http://www.solarworld.de/fileadmin/downloads_new/produkt/sunmodule/datenblaetter/de/mo-no/sw_sunmodule_plus_290-300_mono_5bb_blackframe_de.pdf)

Οικονομικοί Δείκτες	
<b>Εκτιμώμενο κόστος (€) *</b>	<b>Χρονικό διάστημα (έτη) *</b>
24965	25.0
<b>Απρόβλεπτες δαπάνες 9% (€) *</b>	<b>Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) *</b>
2246.85	100.0
<b>Αξία μετά τις απρόβλεπτες δαπάνες (€) *</b>	<b>Επιτόκιο αναγωγής (i) % *</b>
27211.85	1e-08
<b>Επιβάρυνση φόρου 24% (€) *</b>	<b>Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ *</b>
6530.84	8.63
<b>Συνολικό κόστος (€) *</b>	<b>Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) *</b>
33742.69	61541.31
<b>Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh) *</b>	<b>Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % *</b>
0.132139	10.4
<b>Ετήσιο όφελος (€) *</b>	
3911.36	

[Αποθήκευση](#)

**EPU** © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνα 4.93 “Οικονομικοί Δείκτες του Σεναρίου Εγκατάστασης Φ/Β Συστήματος”

Για τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών απαιτείται η εισαγωγή της τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε €/kWh, η οποία τέθηκε ίση με 0,132139 €, όσο δηλαδή είναι και η τιμή αγοράς της, εφόσον θεωρήσαμε ότι η εγκατάσταση που πραγματοποιείται θα γίνει για ίδια κατανάλωση. Επιπλέον ορίστηκε το χρονικό διάστημα της επένδυσης ίσο με 25 έτη, όσο είναι δηλαδή και η εγγύηση που δίνεται από τον κατασκευαστή των φωτοβολταϊκών πλαισίων για γραμμική απόδοση, ενώ τα λειτουργικά έξοδα τέθηκαν ίσα με 100 € ετησίως (κυρίως για έξοδα συντήρησης όπως καθαρισμός των πλαισίων). Το επιτόκιο αναγωγής ορίζεται όπως και στις υπόλοιπες δράσεις ίσο με 0 (Central Bank News, 2016). Το εκτιμώμενο κόστος που υπολογίζεται από το πρόγραμμα ανέρχεται σε 24.965€ Μετά την προσθήκη απρόβλεπτων δαπανών και της επιβάρυνσης φόρου προκύπτει το συνολικό εκτιμώμενο κόστος το οποίο ισούται με 33.742,69 €. Το ετήσιο όφελος υπολογίστηκε στα 3911,36€ βάση του οποίου υπολογίζεται η Καθαρή Παρούσα Αξία του σεναρίου η οποία είναι θετική με τιμή 61.541,31 €. Η δράση αυτή κρίνεται από το πρόγραμμα οικονομικά βιώσιμη και επιπλέον εκτός του οικονομικού οφέλους συνεπάγεται και σημαντική συνεισφορά και συνδρομή προς την εξοικονόμηση ενέργειας και στην μετάβαση της ΕΕ και των χωρών της, προς μια ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον και ενεργειακά βιώσιμη.



Η συνοπτική παρουσίαση των σεναρίων βάση των οικονομικών τους δεικτών πραγματοποιείται στην καρτέλα ‘‘Αποτελέσματα’’, όπου παρουσιάζεται σε δύο άξονες η Επένδυση € και η Καθαρή Παρούσα Αξία €.

Ενεργειακό προφίλ	Συστήματα	Θερμικές ζώνες και καταναλώσεις	Σενάρια	Αποτελέσματα	Εικόνες
Αναζήτηση <input type="text"/>					
Σενάριο	Επένδυση (€)	Όφελος (€)	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (%)	Καθαρή παρούσα αξία (€)
Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών	33742,69	3911,36	25	10,40	61541,31
Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής	632880,00	26416,04	25	0,20	15021,00
Εφαρμογή θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας	0,00	3,22	0	0,00	0,00



Εικόνα 4.94 ‘‘Αποτελέσματα της Εφαρμογής του BEMAT στη Πανεπιστημιούπολη Savona Campus’’

### 4.3.3 Εφαρμογή BEMAT στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ

Για την εφαρμογή του BEMAT στο Δημαρχείο του Σαν Κουγκάτ πραγματοποιήθηκε αρχικά η μελέτη της τυπολογίας του κτιρίου και η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων. Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία της ενεργειακής κλάσης D και στην κλιματική ζώνη C2 της Ισπανίας όπως προκύπτει από τον χάρτη των κλιματικών ζωνών, τον οποίο παραθέτουμε στο κεφάλαιο ‘‘4.3 Εφαρμογή Building Energy Management Tool (BEMAT)’’. Κατασκευάστηκε το 2007 και η επιφάνεια που εξετάζεται καλύπτει συνολικά 8.593 m<sup>2</sup> ενώ ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι βορειοδυτικός και η δόμηση αστική.

Τα στοιχεία που διαθέτουμε για την μόνωση του κτιρίου είναι ότι είναι μερικώς μονωμένο, χωρίς όμως να είναι επαρκής. Ιδιαίτερα η θερμομόνωση της οροφής επιδέχεται μεγάλη βελτίωση, ενώ η εξωτερική τοιχοποιία αποτελείται κατά κύριο ποσοστό από υάλινες τζαμαρίες (δύο υαλοπίνακες με κενό, ικανοποιητικού βαθμού μόνωσης). Τα στοιχεία αυτά μαζί με το Ωράριο Λειτουργίας του, το οποίο είναι καθημερινές από τις 07:30 μέχρι τις

22:00, συμπληρώνονται στο πρόγραμμα κατά την “Επεξεργασία κτιρίου” για το νέο έργο που δημιουργήθηκε για την εφαρμογή του BEMAT.

The screenshot displays the BEMAT interface for editing building data. The main title is "Επεξεργασία κτιρίου" (Building Editing). Below it, a subtitle reads "Επεξεργαστείτε τα στοιχεία για του παρακάτω κτιρίου που έχει προστεθεί στο έργο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ".

**Στοιχεία κτιρίου**

- Επιφάνεια Κτιρίου \***: Σύνολο κτιρίου
- Χρήση Κτιρίου \***: Γραφεία
- Περιγραφή \***: Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ, Ισπανία
- Έτος Κατασκευής**: 2007

**Μονωμένο**: Μερικώς

**Πιστοποιημένο**: Δε γνωρίζω

**Ενεργειακή Κλάση**: D

**Προσανατολισμός**: Βορειοδυτικός

**Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)**: 8593.0

**Εξεταζόμενη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) \***: 8593.0

**Αριθμός Εξεταζόμενων Ορόφων \***: 3

Ισόγειο, τυχόν ημιώροφοι και υπόγεια να προσμετρηθούν ως ξεχωριστοί όροφοι.

**Ύψος ορόφου (m)**: [Empty field]

**Δόμηση \***: Αστική

**Ημέρες Μη Λειτουργίας \***: × Κυριακή

**Περισσότερες πληροφορίες**

**Ωράριο Λειτουργίας**

- Ανοιχτό από (καθημερινές)**: 07:30:00
- Ανοιχτό έως (καθημερινές)**: 22:00:00
- Ανοιχτό από (ΣΚ)**: [Empty field]
- Ανοιχτό έως (ΣΚ)**: [Empty field]

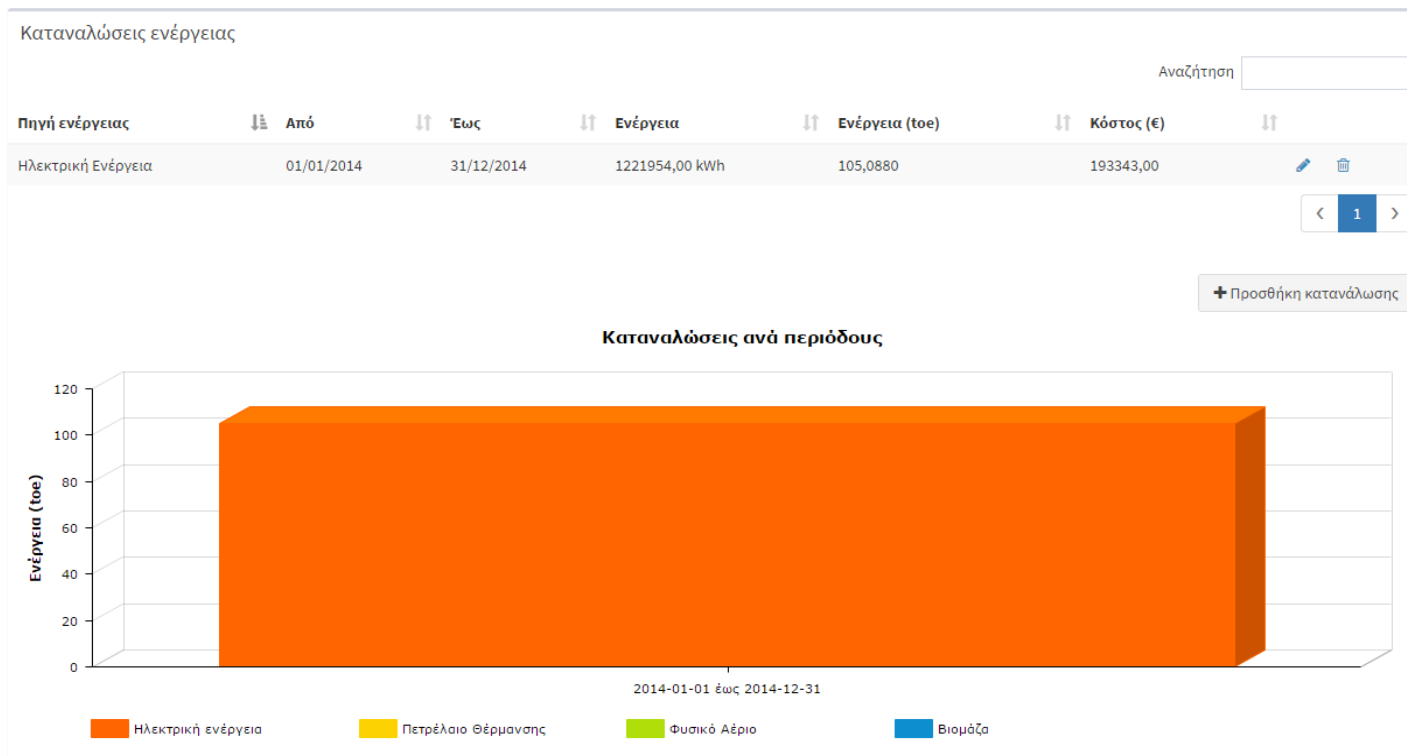
Buttons: Αποθήκευση αλλαγών, Πίσω στο κτίριο

Footer: EPU © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνες 4.95 “Γενικές Πληροφορίες του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ στο BEMAT”

Στις ‘Ιδιότητες έργου’ συμπληρώνονται το όνομα του νέου έργου και η τιμή του κόστους ανά kWh για το ρεύμα, η οποία είναι 0,158224 €.

Εικόνα 4.96 ‘‘Ιδιότητες Έργου του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ στο BEMAT’’



Εικόνα 4.97 ‘‘Καρτέλα Ενεργειακό Προφίλ του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ στο BEMAT’’

Το μόνο είδος ενέργειας που καταναλώνει το κτίριο είναι Ηλεκτρική Ενέργεια με 1.221.954 kWh ετησίως, με αντίστοιχο κόστος 193.343 €. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στην καρτέλα “Ενεργειακό Προφίλ” όπου και μπορούν να επεξεργαστούν.

Τα σενάρια ενεργειακής βελτιστοποίησης που επιλέχθηκαν είναι η “Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής” σαν μοναδικό σενάριο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η “Εφαρμογή Εξωτερικής Τοιχοποιίας” δεν κρίνεται απαραίτητη διότι διαθέτει ήδη αρκετά καλή θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων με την χρήση των ενεργειακών μονωμένων διπλών υάλινων τζαμαριών, αποκλείοντας με αυτόν τον τρόπο και την “Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων”. Στην οροφή του κτιρίου υπάρχει ήδη εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος κρίνοντας έτσι και το ενδεχόμενο “Εγκατάστασης Φ/Β Συστήματος” αδύνατο και αναποτελεσματικό. Για την “Αντικατάσταση Λέβητα”, την “Αντικατάσταση Κλιματιστικών” και την “Αναβάθμιση του Συστήματος Z.N.X” κρίνεται ότι δεν υπάρχει ακόμη ανάγκη για αντικατάσταση εφόσον το κτίριο έχει κτιστεί το 2007 και διαθέτει σχετικά καινούργια συστήματα όπως αντλία θερμότητας.

Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής: Για την επιλογή των υλικών της υφιστάμενης οροφής μελετήθηκαν οι τυπολογίες των κτιρίων στην Ισπανία και η τελική επιλογή έγινε βάση της μελέτης: “Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stock, Existent Experiences in Spain, November 2011, του Valencian Institute of Building (Valencian Institute of Building, 2011). Ο τύπος οροφής που επιλέχθηκε είναι βαριάς κατασκευής, χωρίς μόνωση με συντελεστή  $U = 0.68$  (W/m<sup>2</sup>K).

The thermal transmittance of roofs were:

Sección fachada	Composición	U (W/m <sup>2</sup> K)
C11	Pesada y no aislada	0.68

Εικόνα 4.98 “Συντελεστής U της Οροφής για Κτίρια της Ισπανίας βαριάς Κατασκευής, χωρίς επαρκή Μόνωση”

Τα υλικά της υφιστάμενης τοιχοποιίας της οροφής που εισήχθησαν στο πρόγραμμα για τον υπολογισμό του συντελεστή U και τον αντίστοιχων ωριαίων απωλειών σε kW είναι:

Ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,87 με πάχος 0,04m, Οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=2,03 με πάχος 0,17m, Υαλοβάμβακας με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,04 με πάχος 0,035m και τέλος, Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,70 και πάχος 0,20m.

Ο συνολικός συντελεστής U που προκύπτει έχει τιμή 0,68 ενώ οι ωριαίες απώλειες χειμερινών και θερινών μηνών ανέρχονται σε 106,9818 kW και 18,5732 kW αντίστοιχα, για συνολική επιφάνεια οροφής 2170 m<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνεια της οροφής μετρήθηκε με την βοήθεια του εργαλείου Ruler-Polygon του προγράμματος Google Earth Pro.

## Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης της οροφής:

### Παλαιά υλικά οροφής

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )
1	Υαλοβάμβακας	0,0400	0,035	2170,00
2	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7000	0,200	2170,00
3	Ασβεστοκονίαμα	0,8700	0,040	2170,00
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,0300	0,170	2170,00

Συντελεστής U  
**0,68**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW): **106,9818**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW): **18,5732**

### Νέα υλικά οροφής

#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
1	Κόλλα	0,19	0,020	2170,0	4232,00
2	Υαλόπλεγμα	0,05	0,020	2170,0	1823,00
3	Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες	0,05	0,010	2170,0	7595,00
4	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	0,010	2170,0	132716,00
5	Υαλοβάμβακας	0,04	0,035	2170,0	0,00
6	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7	0,200	2170,0	0,00
7	Ασβεστοκονίαμα	0,87	0,040	2170,0	0,00
8	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,03	0,170	2170,0	0,00
9	Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,025	2170,0	5534,00

Συντελεστής U  
**0,40**

Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW): **63,1985**

Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW): **10,9720**

+ Προσθήκη υλικού

Εικόνα 4.99 ‘‘Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής’’

Η επιλογή των νέων υλικών της οροφής που θα προστεθούν με την εφαρμογή της θερμομόνωσης βασίστηκε στους κανονισμούς της Ισπανίας για τις μέγιστες επιτρεπτές τιμές του συντελεστή U για οροφές, η οποία είναι  $U=0,41$ . Έτσι προέκυψε η τελική μόνωση του κτιρίου με συντελεστή  $U=0,40$ . Τα νέα υλικά της οροφής που προτείνονται είναι:

Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,05 και πάχος 0,01m με τιμή 3,50 €/m<sup>2</sup>, Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,87 και πάχος 0,025m με τιμή 2,55 €/m<sup>2</sup>, Υαλόπλεγμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,05 και πάχος 0,02m με τιμή 0,84 €/m<sup>2</sup>, Κόλλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,19 με πάχος 0,02m με τιμή 1,95 €/m<sup>2</sup> και τέλος Διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,036 και πάχος 0,01m με τιμή 61,16 €/m<sup>2</sup>. Στο κόστος της Διογκωμένης πολυστερίνης συμπεριλαμβάνονται τα εργατικά έξοδα και το κόστος εγκατάστασης. Η τελική τιμή της εφαρμογής θερμομόνωσης οροφής ανέρχεται σε 70 €/m<sup>2</sup> και προέκυψε από πραγματική προσφορά. Ο τελικός συνολικός συντελεστής U, που προκύπτει, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης, είναι 0,40 με ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών 63,1985 kW και αντίστοιχα θερινών μηνών 10,9720 kW.

Τα στοιχεία για τις ετήσιες απώλειες και τα συνολικά ενεργειακά οφέλη παρουσιάζονται παρακάτω και είναι τα εξής:

Στοιχεία θερμομόνωσης οροφής	
<b>Επιφάνεια οροφής (m<sup>2</sup>) *</b>	2170
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>	27080.27
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>	84395.78
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *</b>	15929.57
<b>Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *</b>	49644.58
Ενεργειακά οφέλη	
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Θερινοί μήνες</b>	11150.7
<b>Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Χειμερινοί μήνες</b>	34751.2
<b>Συνολικό κέρδος σε ενέργεια (kWh)</b>	45901.9
Οικονομικά οφέλη	
<b>Κέρδος (€) - Θερινοί μήνες</b>	1764.31
<b>Κέρδος (€) - Χειμερινοί μήνες</b>	3197.11
<b>Συνολικό κέρδος (€)</b>	4961.42

Εικόνα 4.100 “Στοιχεία Θερμομόνωσης Οροφής μαζί με τα Ενεργειακά και Οικονομικά Οφέλη”

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 27.080,27 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 84.395,78 kWh

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 15.929,57 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 49.644,58 kWh

Συνολικό ενεργειακό όφελος: 45.901,9 kWh

Από τα στοιχεία αυτά το πρόγραμμα πραγματοποιεί την οικονομική ανάλυση του σεναρίου όπου για χρονικό διάστημα 25 ετών της επένδυσης, με 100 € λειτουργικά έξοδα ετησίως, με συνολικό κόστος επένδυσης 151.900 € και με επιτόκιο αναγωγής 0% (Central Bank News, 2016) προκύπτει Καθαρή Παρούσα Αξία -30.364,5 €, οπότε και κρίνεται και αυτή η δράση από το πρόγραμμα μη βιώσιμη.

Οικονομική ανάλυση

**Συνολικό κόστος (€) \***

151900.0

**Χρονικό διάστημα (έτη) \***

25.0

**Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) \***

100.0

**Επιτόκιο αναγωγής (i) % \***

1e-08

**Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) \***

-30364.5

⚠ Μη βιώσιμη δράση!

**Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % \***

0

**Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ \***

0

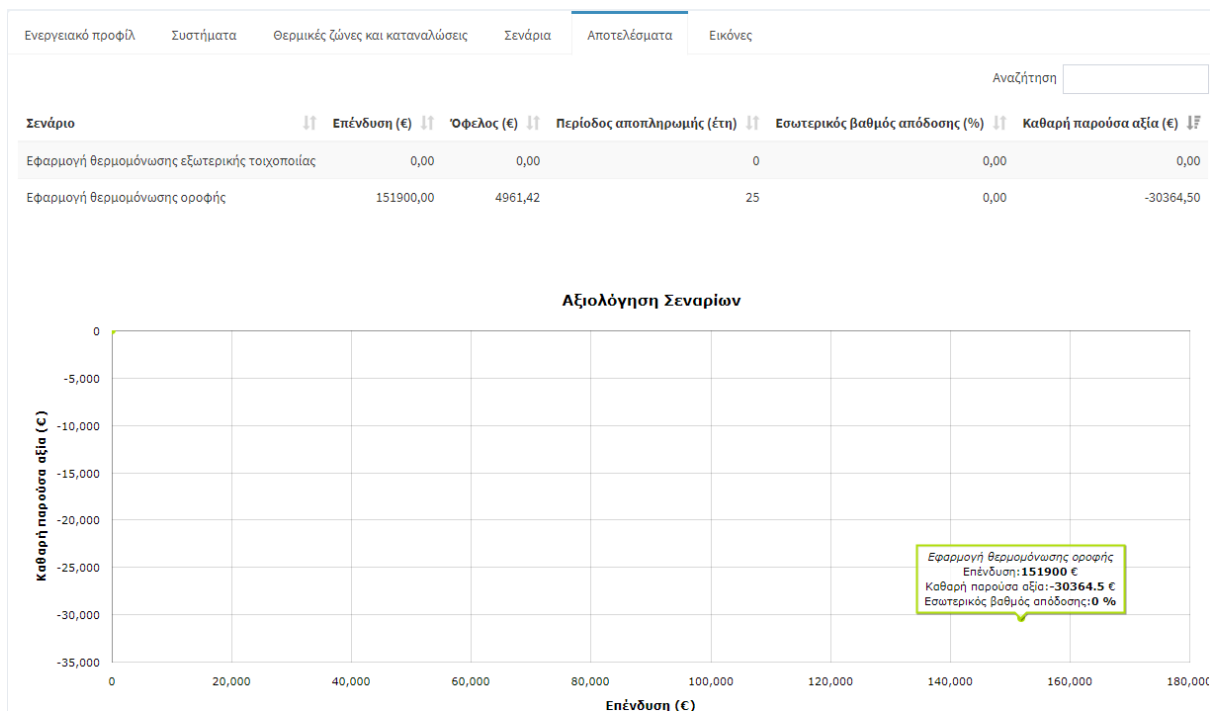
⚠ Δε νοείται Έντοκη περίοδος αποπληρωμής όταν η Καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική!

Αποθήκευση



Εικόνα 4.101 ‘‘Οικονομική Ανάλυση του Σεναρίου Εφαρμογής Θερμομόνωσης Οροφής του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ’’

Το τελευταίο μέρος της διαδικασίας αποτελεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που εμφανίζεται σε ξεχωριστή καρτέλα, στην οποία δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης των σεναρίων. Η παρουσίαση γίνεται σε δύο άξονες, οι οποίοι είναι ο άξονας Επένδυση (€) και ο άξονας Καθαρή Παρούσα Αξία (€).



Εικόνα 4.102 “Αποτελέσματα της Εφαρμογής του BEMAT στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ “

#### 4.3.4 Εφαρμογή BEMAT στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ

Στην περίπτωση της εφαρμογής του εργαλείου BEMAT στο κτίριο του θεάτρου Σαν Κουγκάτ, ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα με τα προηγούμενα κτίρια της μελέτης μας. Πιο αναλυτικά, υλοποιήθηκε σε πρώτο στάδιο η μελέτη της τυπολογίας του κτιρίου, καθώς συλλέχθηκαν και τα απαραίτητα δεδομένα. Το κτίριο του θεάτρου υπάγεται στην κατηγορία της ενεργειακής κλάσης E και στην κλιματική ζώνη C2 της Ισπανίας, όπως ακριβώς προκύπτει από τον χάρτη κλιματικών ζωνών, ο οποίος παρουσιάζεται στο κεφάλαιο “4.3 Εφαρμογή Building Energy Management Tool (BEMAT)” για την πόλη Σαν Κουγκάτ με βόρειο προσανατολισμό. Όσον αφορά την κατασκευή του κτιρίου, αυτή χρονολογείται το έτος 1993 και διαθέτει επιφάνεια 5.615m<sup>2</sup>. Σχετικά με την μόνωση του κτιρίου, αυτή κρίνεται ανεπαρκής και επιδέχεται βελτίωση σε μεγάλο βαθμό. Το Ωράριο Λειτουργίας του, το οποίο ισχύει για τις καθημερινές από τις 12:00-00:00 και τα Σαββατοκύριακα από τις 13:00-01:00 σε συνδυασμό με τα παραπάνω στοιχεία που παρατέθηκαν, εισάγονται στο πρόγραμμα στην “Επεξεργασία κτιρίου” για το νέο έργο που δημιουργήθηκε για την εφαρμογή του BEMAT.



The screenshot displays the BEMAT interface for a building project. The main title is "Επεξεργασία κτιρίου" (Building Processing). Below it, a subtitle reads "Επεξεργαστείτε τα στοιχεία για του παρακάτω κτιρίου που έχει προστεθεί στο έργο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ".

**Στοιχεία κτιρίου**

- Επιφάνεια Κτιρίου \***: Σύνολο κτιρίου
- Χρήση Κτιρίου \***: Γραφεία
- Περιγραφή \***: Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ, Ισπανία
- Έτος Κατασκευής**: 2007

**Μονωμένο**

- Όχι

**Πιστοποιημένο**

- Δε γνωρίζω

**Ενεργειακή Κλάση**

- E

**Προσανατολισμός**

- Βόρειος

**Συνολική Επιφάνεια (m<sup>2</sup>)**

- 5615.0

**Εξεταζόμενη Επιφάνεια (m<sup>2</sup>) \***

- 4150.0

**Αριθμός Εξεταζόμενων Ορόφων \***

- 1

Ισόγειο, τυχόν ημιώροφοι και υπόγεια να προσμετρηθούν ως ξεχωριστοί όροφοι.

**Ύψος ορόφου (m)**

- 

**Δόμηση \***

- Ημιαστική

**Ημέρες Μη Λειτουργίας \***

- × Καμία

**Περισσότερες πληροφορίες**

**Ωράριο Λειτουργίας**

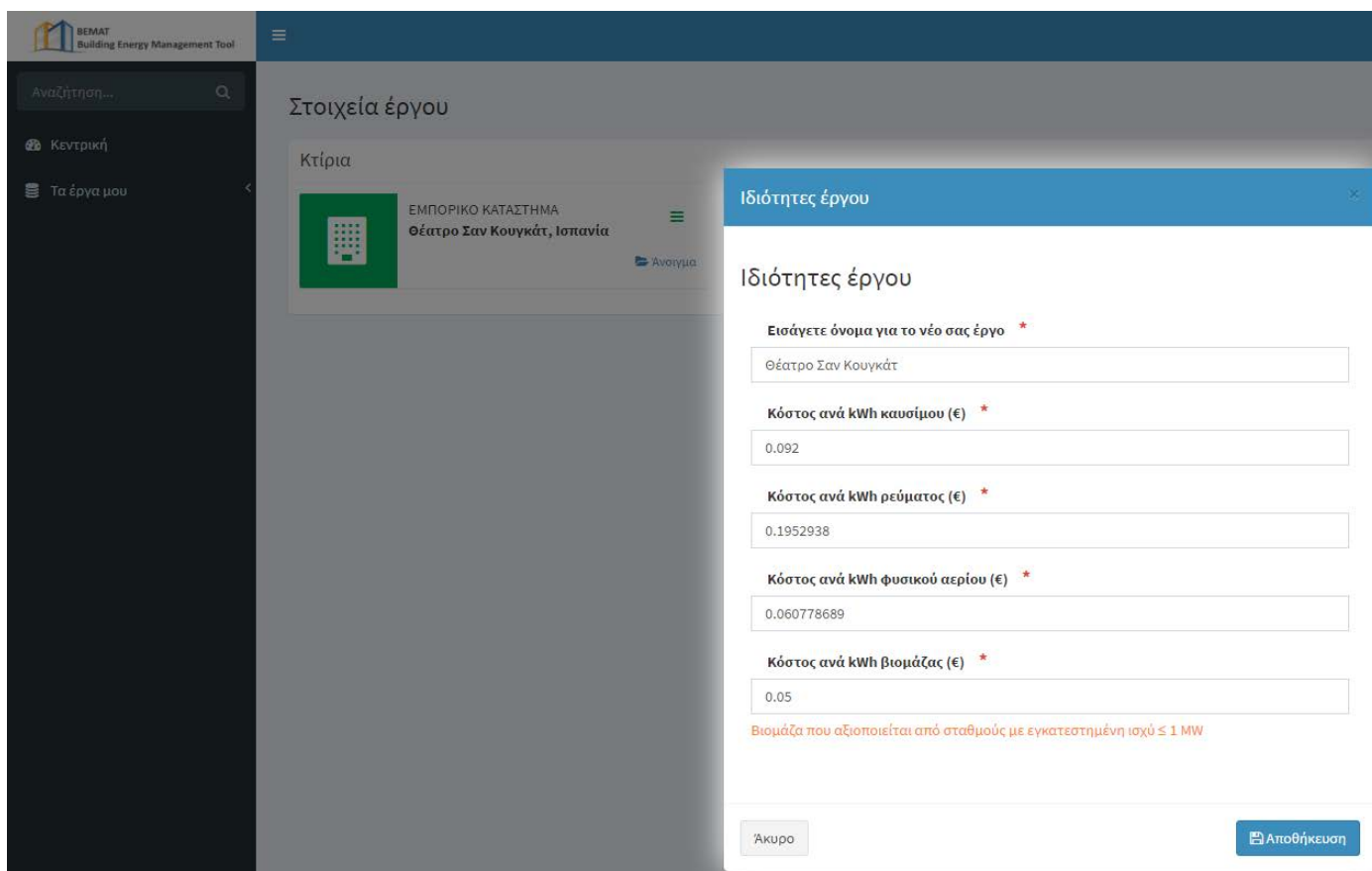
- Ανοιχτό από (καθημερινές)**: 12:00:00
- Ανοιχτό έως (καθημερινές)**: 00:00:00
- Ανοιχτό από (ΣΚ)**: 13:00:00
- Ανοιχτό έως (ΣΚ)**: 01:00:00

Buttons: Αποθήκευση αλλαγών, Πίσω στο κτίριο

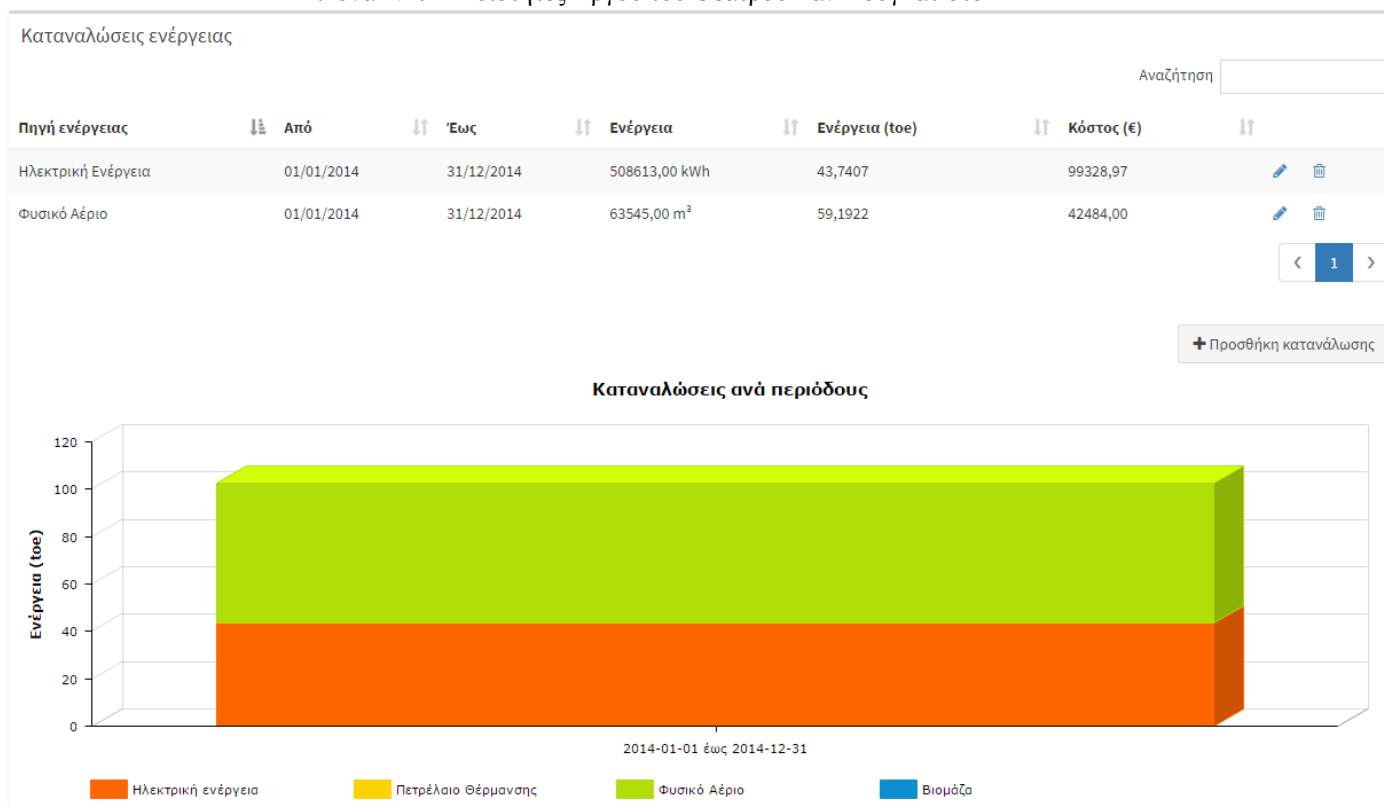
Footer: EPU © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA

Εικόνες 4.103 “Γενικές πληροφορίες του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ στο BEMAT”

Στη συνέχεια, στις “Ιδιότητες έργου” εισάγονται δύο στοιχεία: το όνομα του νέου έργου και η τιμή του κόστους kWh για το ρεύμα και το φυσικό αέριο, τα οποία είναι 0,1952938 €/και 0,0607786 €



Εικόνα 4.104 ‘Ιδιότητες Έργου του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ στο BEMAT’



Εικόνα 4.105 ‘Καρτέλα Ενεργειακό Προφίλ του Θεάτρου Σαν Κούγκατ στο BEMAT’

Η Ηλεκτρική Ενέργεια που καταναλώνει το θέατρο ανέρχεται σε 508.613 kWh ετησίως ενώ το φυσικό αέριο σε 63.545 m<sup>3</sup> ετησίως με αντίστοιχα κόστη 99.328,97 € και 42.484 €. Τα συγκεκριμένα στοιχεία παρουσιάζονται στην καρτέλα “Ενεργειακό Προφίλ”, όπου και άπτονται επεξεργασίας.

Το μοναδικό σενάριο ενεργειακής βελτιστοποίησης, που επιλέχθηκε είναι η “Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής”. Η “Εφαρμογή Εξωτερική Τοιχοποιίας” αν και κρίνεται στην περίπτωση αυτή απαραίτητη, διότι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν διαθέτει καλό επίπεδο θερμομόνωσης εξωτερικών τοίχων δεν μπορεί να εφαρμοστεί στο πλαίσιο της μελέτης αυτής διότι δεν υπάρχουν λεπτομερή στοιχεία για τα υλικά της τοιχοποιίας και για τις διαστάσεις τους. Για το σενάριο της “Αντικατάστασης Παλαιών Υαλοπινάκων” δυστυχώς δεν μπορέσαμε να μετρήσουμε τις διαστάσεις των Κουφωμάτων ανοιγμάτων με αποτέλεσμα την αδυναμία εφαρμογής του σεναρίου. Η οροφή του θεάτρου αν και διαθέτει μεγάλο χώρο, δεν μπορεί να στηρίζει μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μιας και λόγω υλικών επιφανείας και δομής δεν εξασφαλίζει ικανοποιητικές αντοχές για την εφαρμογή “Εγκατάστασης Φ/Β Συστήματος”. Για τα υπόλοιπα σενάρια δεν διαθέτουμε επαρκή στοιχεία και λεπτομέρειες, ώστε να υλοποιηθούν αποτελεσματικά και με ακρίβεια, αν και κρίνεται γενικά απαραίτητη η αναβάθμιση των συστημάτων αυτών.

Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής: : Η μελέτη με τίτλο “Use of Building Typologies for Energy Performance Assesment of National Building Stock, Existent Experiences in Spain, November 2011, του Valencian Institute of Building (Valencian Institute of Building, 2011) έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο στην επιλογή των υλικών της υφιστάμενης οροφής καθώς μέσω αυτής μελετήθηκαν οι τυπολογίες των κτιρίων στην Ισπανία. Ο τύπος της οροφής που τελικά επιλέχθηκε είναι ελαφριάς κατασκευής με κλίση χωρίς μόνωση και με συντελεστή  $U= 1.70$  (W/m<sup>2</sup>K).

Ci21	Inclinada, ligera y no aislada	1.7
------	--------------------------------	-----

Εικόνα 4.106 “Συντελεστής U της Οροφής για Κτίρια της Ισπανίας ελαφριάς Κατασκευής, με κλίση και χωρίς Μόνωση”

Τα υλικά της υφιστάμενης τοιχοποιίας της οροφής που εισήχθησαν στο πρόγραμμα για τον υπολογισμό του συντελεστή U και τον αντίστοιχων ωριαίων απωλειών σε kW είναι:

Ορείχαλκος (Κράμα χαλκού και ψευδάργυρου) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=120 με πάχος 0,02m, Ασβεστογυψοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,70 με πάχος 0,03m, Οπλισμένο σκυρόδεμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=2,03 με πάχος 0,18m και τέλος, Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400) με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  (W/mK)=0,70 και πάχος 0,20m

Όπως ήταν αναμενόμενο, η τελική τιμή του συντελεστή U της τοιχοποιίας της οροφής είναι 1,70, και οι ωριαίες απώλειες για τους θερινούς και χειμερινούς μήνες υπολογίζονται από το πρόγραμμα και είναι 407,5532 kW και 70,7558 kW αντίστοιχα. Η συνολική επιφάνεια της οροφής μετρήθηκε 3.325 m<sup>2</sup> με την βοήθεια του εργαλείου Ruler-Polygon του προγράμματος Google Earth Pro.

## Εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο πριν και μετά την εφαρμογή της θερμομόνωσης της οροφής:

Παλαιά υλικά οροφής					
#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	
1	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7000	0,200	3325,00	
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,0300	0,180	3325,00	
3	Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	120,0000	0,020	3325,00	
4	Ασβεστογυψοκονίαμα	0,7000	0,030	3325,00	
Συντελεστής U					
<b>1,70</b>					
Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):		Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):			
<b>407,5532</b>		<b>70,7558</b>			
Νέα υλικά οροφής					
#	Υλικό	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mk)	Πάχος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Κόστος (€)
1	Συνθετικά υλικά,ρητίνες,σιλικόνες	0,05	0,015	3325,0	11638,00
2	Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (πυκν.1400)	0,7	0,200	3325,0	0,00
3	Ασβεστογυψοκονίαμα	0,7	0,030	3325,0	0,00
4	Κόλλα	0,19	0,020	3325,0	6484,00
5	Υαλόπλεγμα	0,05	0,020	3325,0	2793,00
6	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,036	0,040	3325,0	229955,00
7	Οπλισμένο σκυρόδεμα	2,03	0,180	3325,0	0,00
8	Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	120,0	0,020	3325,0	0,00
9	Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα	0,87	0,020	3325,0	8480,00
Συντελεστής U					
<b>0,40</b>					
Ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών (kW):		Ωριαίες απώλειες θερινών μηνών (kW):			
<b>94,7454</b>		<b>16,4489</b>			

Εικόνα 4.107 “Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής”

Η μέγιστη επιτρεπτή τιμή για τον συντελεστή U για την νέα μόνωση της οροφής βάσει των κανονισμών της Ισπανίας  $U=0,4$ . Για την επίτευξη συντελεστή μικρότερο του 0,41 προκύψανε τα εξής νέα υλικά της οροφής:

Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,05 και πάχος 0,015m με τιμή 3,50 €/m<sup>2</sup>, Επίχρισμα εξωτερικό ασβεστοκονίαμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,87 και πάχος 0,02m με τιμή 2,55 €/m<sup>2</sup>, Υαλόπλεγμα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,05 και πάχος 0,02m με τιμή 0,84 €/m<sup>2</sup>, Κόλλα με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,19 με πάχος 0,02m με τιμή 1,95 €/m<sup>2</sup> και τέλος Διογκωμένη πολυστερίνη με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)=0,036 και πάχος 0,04m με τιμή 69,16 €/m<sup>2</sup>. Στο κόστος της Διογκωμένης πολυστερίνης προστέθηκαν και τα επιπλέον έξοδα, όπως είναι τα εργατικά έξοδα και το κόστος εγκατάστασης. Το συνολικό κόστος εφαρμογής θερμομόνωσης οροφής ανέρχεται σε

78 €/m<sup>2</sup> και αποτελεί τιμή πραγματικής προσφοράς. Ο τελικός συνολικός συντελεστής U, που προκύπτει, συμπεριλαμβανομένης της μόνωσης, είναι 0,40 με ωριαίες απώλειες χειμερινών μηνών 94,7454 kW και ωριαίες απώλειες θερινών μηνών 16,4489 kW.

Τα στοιχεία για τις ετήσιες απώλειες και τα συνολικά ενεργειακά και οικονομικά οφέλη είναι τα εξής:

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 44.922,08 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (χωρίς θερμομόνωση): 139.999,88 kWh

Απώλειες/χρόνο θερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 10.569,9 kWh

Απώλειες/χρόνο χειμερινούς μήνες (με θερμομόνωση): 32.941,15 kWh

Στοιχεία θερμομόνωσης οροφής	
Επιφάνεια οροφής (m <sup>2</sup> ) *	3325
Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *	44922.08
Απώλειες/χρόνο (kWh) πριν την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *	139999.88
Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Θερινούς Μήνες *	10569.9
Απώλειες/χρόνο (kWh) μετά την θερμομόνωση της οροφής - Χειμερινούς Μήνες *	32941.15
Ενεργειακά οφέλη	
Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Θερινοί μήνες	34352.18
Κέρδος σε ενέργεια (kWh) - Χειμερινοί μήνες	107058.73
Συνολικό κέρδος σε ενέργεια (kWh)	141410.91
Οικονομικά οφέλη	
Κέρδος (€) - Θερινοί μήνες	6708.77
Κέρδος (€) - Χειμερινοί μήνες	9849.4
Συνολικό κέρδος (€)	16558.17


Εικόνα 4.108 “Στοιχεία Θερμομόνωσης Οροφής μαζί με τα Ενεργειακά και Οικονομικά Οφέλη”

Συνολικό ενεργειακό όφελος: 141.410,91 kWh

Σε επόμενο στάδιο εισάγουμε το χρονικό διάστημα της επένδυσης (25 έτη), τα λειτουργικά έξοδα που προκύπτουν ετησίως (100 €) και το επιτόκιο αναγωγής 0% (Central Bank News, 2016). Με βάση το συνολικό κόστος της επένδυσης, που ανέρχεται στα 259.350 € πραγματοποιείται η οικονομική ανάλυση εκτιμώντας την Καθαρή Παρούσα Αξία του σεναρίου στα 152.104,25 €, καθιστώντας κατ’ αυτό τον τρόπο βιώσιμη την δράση. Μια από τις θετικές επιπτώσεις της δράσης αυτής είναι και η συμβολή της σε όλη την προσπάθεια

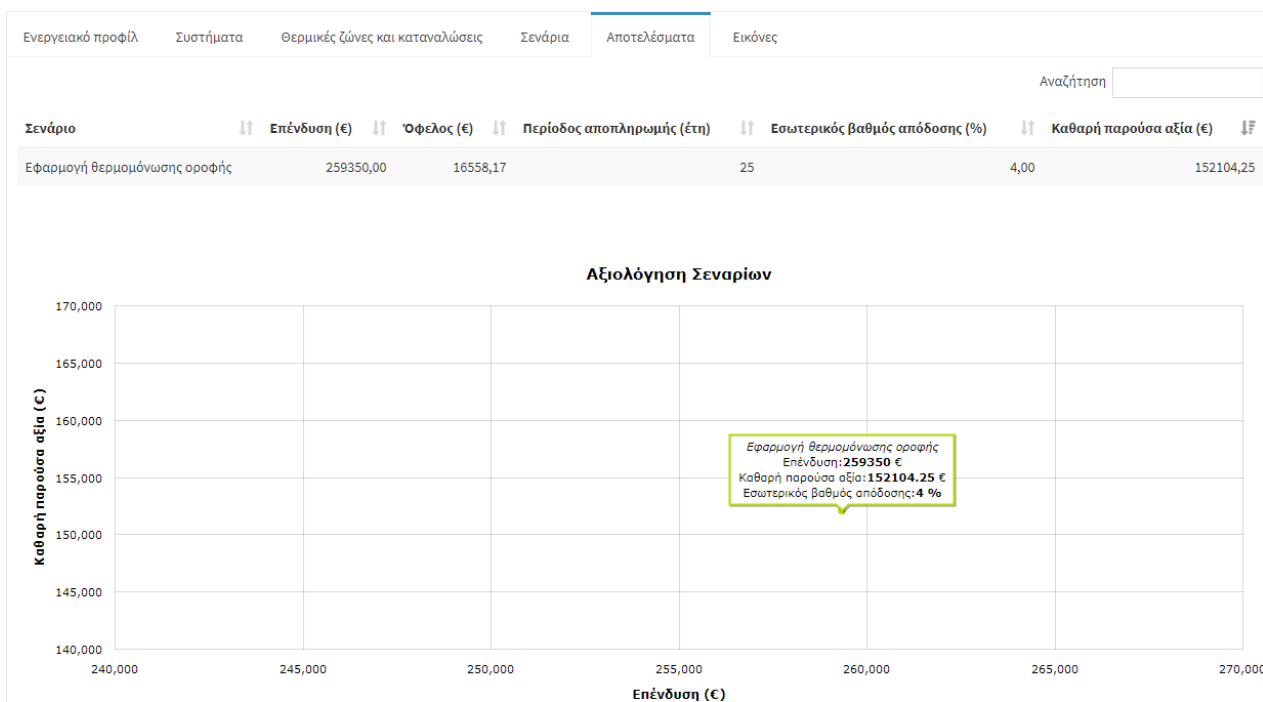
αναβάθμισης του κτιριακού τομέα και μέσω αυτής η εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και η προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης.

Οικονομική ανάλυση	
<b>Συνολικό κόστος (€) *</b>	259350.0
<b>Χρονικό διάστημα (έτη) *</b>	25.0
<b>Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) *</b>	100.0
<b>Επιτόκιο αναγωγής (i) % *</b>	1e-08
<b>Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) *</b>	152104.25
<b>Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % *</b>	4
<b>Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ *</b>	15.66



**EPU** © 2017 Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο | EPU - NTUA  
 Εικόνα 4.109 “Οικονομική Ανάλυση του Σεναρίου Εφαρμογής Θερμομόνωσης Οροφής του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ”

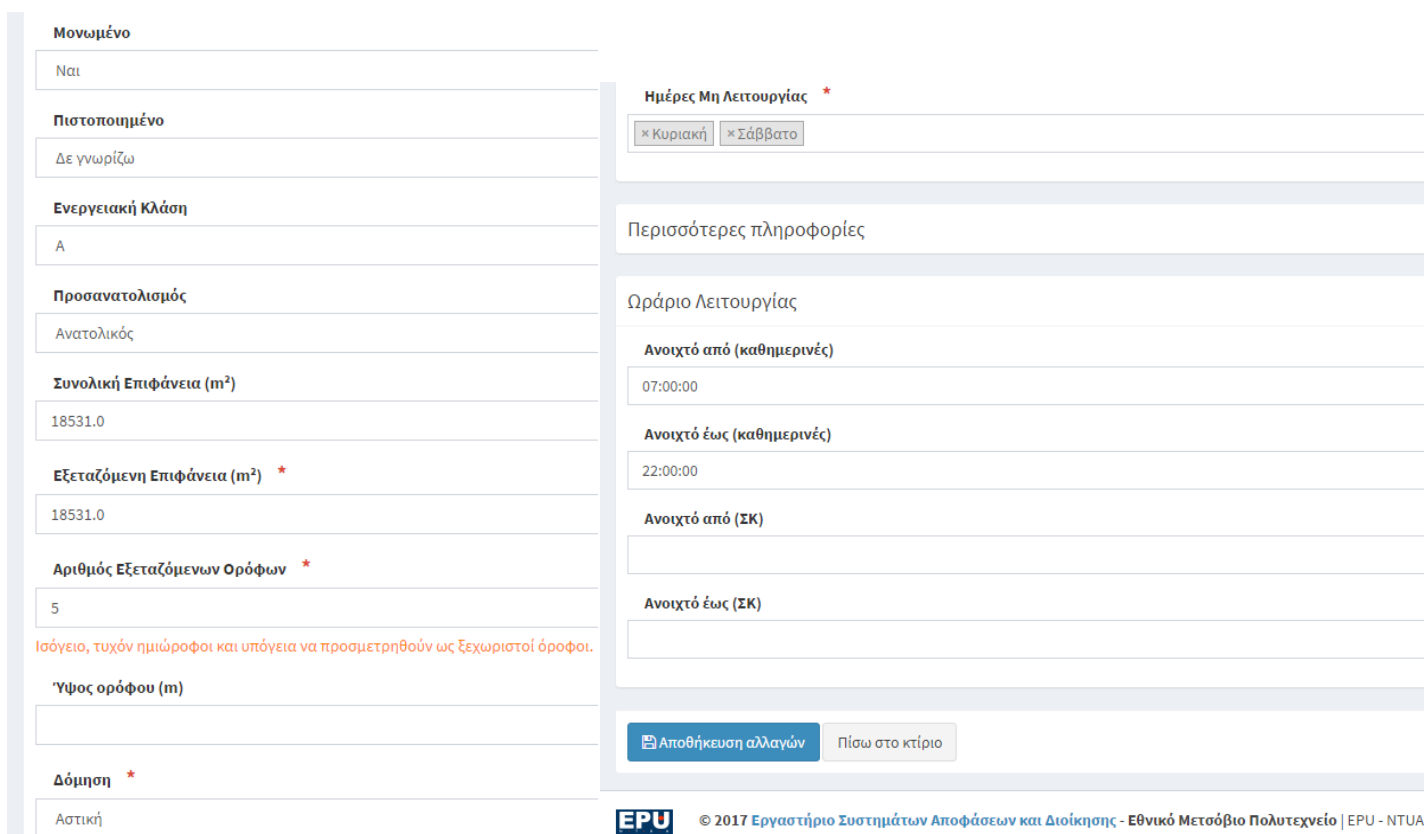
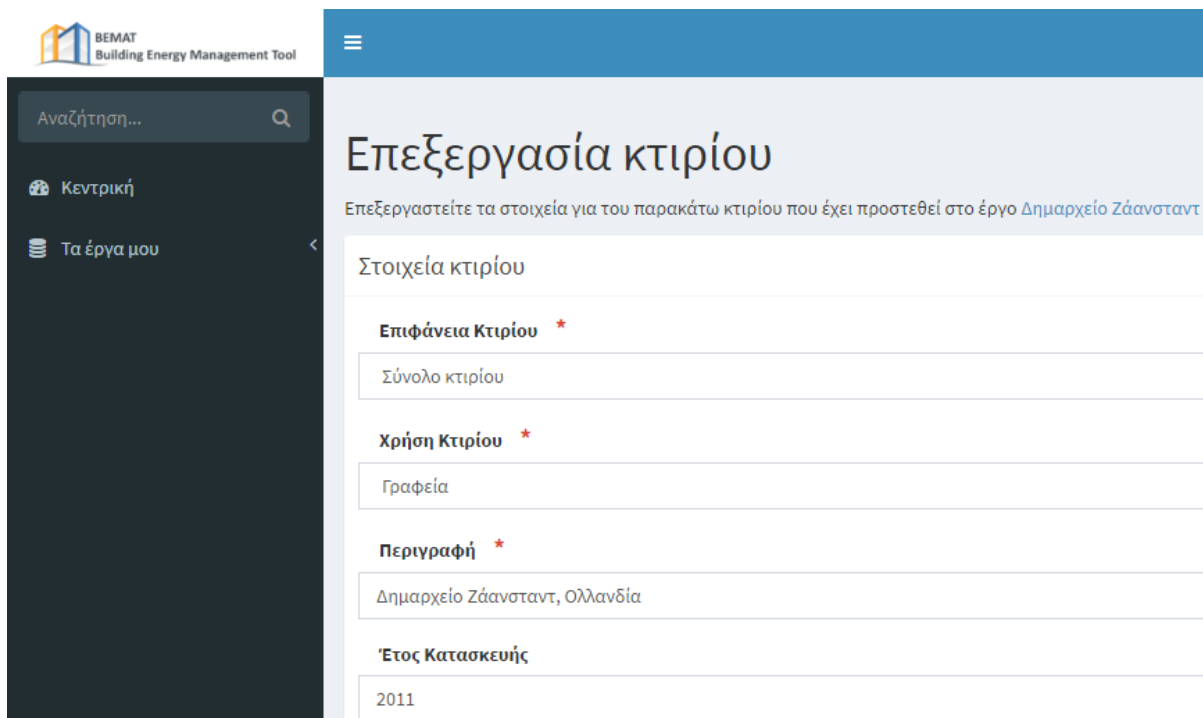
Σε τελευταίο στάδιο, δίνεται η δυνατότητα μιας συνολικής παρουσίασης των αποτελεσμάτων των εφαρμογών των σεναρίων, όπου συγκρίνονται μεταξύ τους σε μια γραφική παράσταση, η οποία αποτελείται από δύο άξονες: την “Επένδυση (€)” και “Καθαρή Παρούσα Αξία (€)”.



Εικόνα 4.110 “Αποτελέσματα της Εφαρμογής του BEMAT στο Θεάτρο Σαν Κουγκάτ”

#### 4.3.5 Εφαρμογή BEMAT στο Δημαρχείο Ζάανσταντ

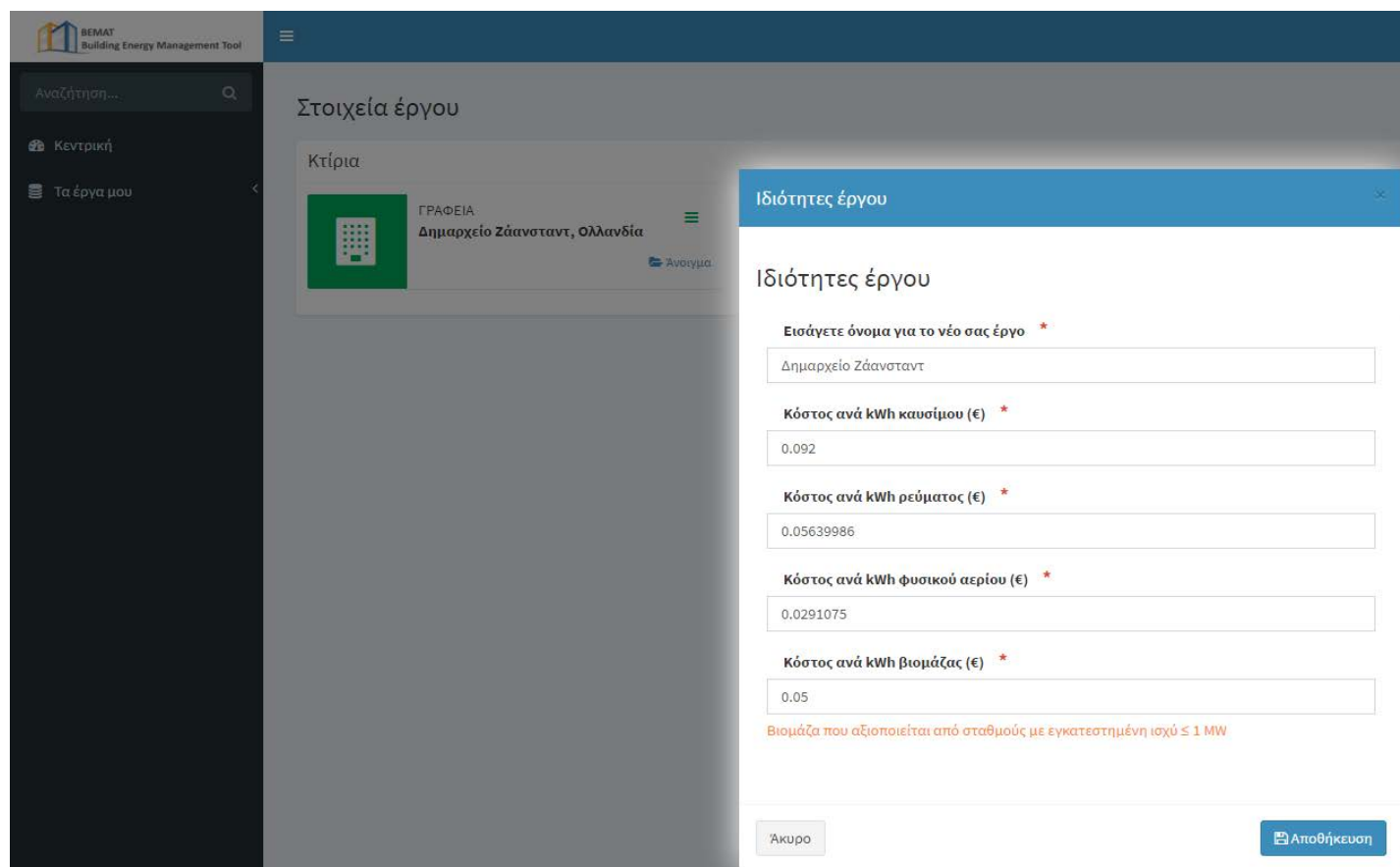
Η τελευταία εφαρμογή του BEMAT πραγματοποιήθηκε σε καινούργιο κτίριο το οποίο κτίστηκε το 2011 και καλύπτει συνολικά επιφάνεια 18.531 m<sup>2</sup>. Η χρήση του κτιρίου είναι για την στέγαση του δημαρχείου και το Ωράριο Λειτουργίας του είναι καθημερινά από τις 07:00-22:00. Η ενεργειακή κλάση του ανήκει στην κατηγορία A και ο προσανατολισμός του είναι ανατολικός. Το κτίριο διαθέτει ήδη άριστη μόνωση και καινούργια, ενεργειακά αποδοτικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Τα στοιχεία αυτά εισάγονται στο πρόγραμμα και είναι διαθέσιμα στην “Επεξεργασία κτιρίου” του έργου που δημιουργήθηκε για την πραγματοποίηση της εφαρμογής.



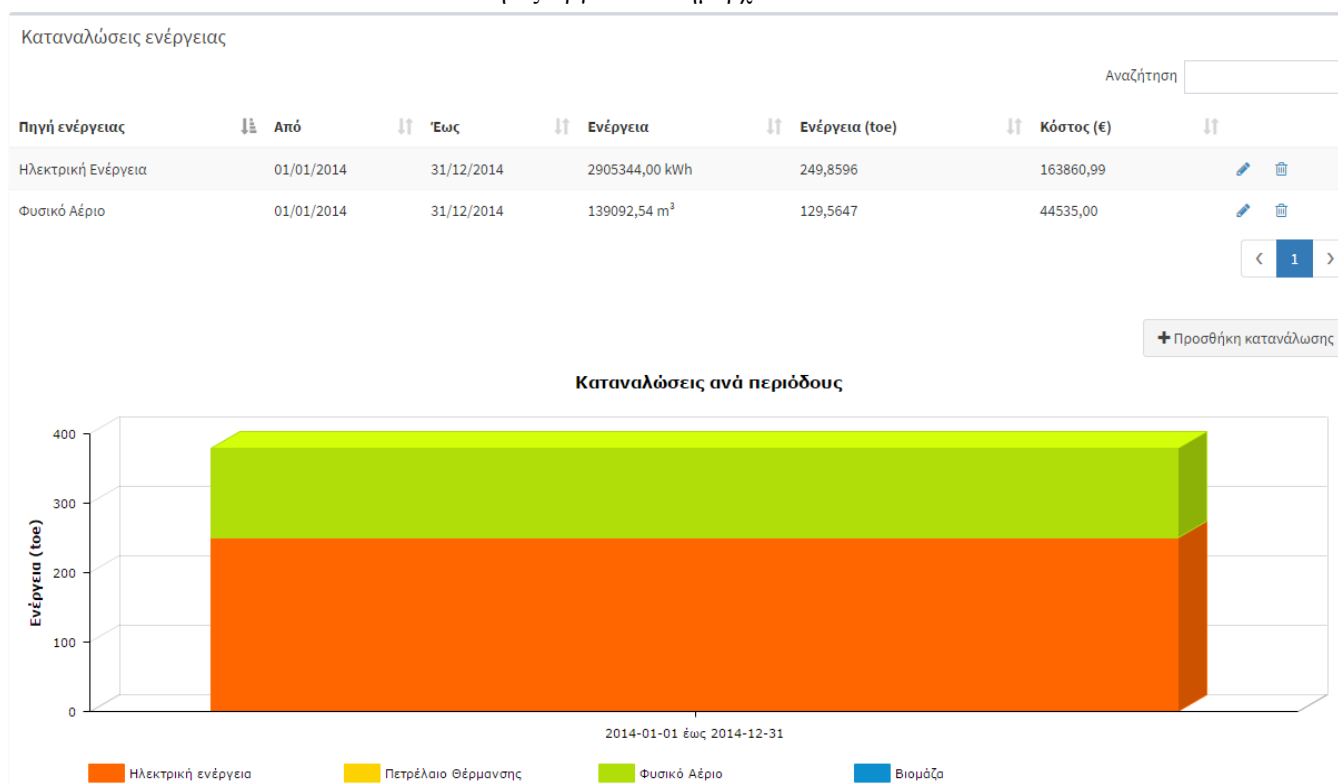
Εικόνες 4.111 “Γενικές πληροφορίες του Δημαρχείου Ζάανσταντ στο BEMAT”

Το όνομα του έργου καθώς επίσης και το κόστος ανά kWh ρεύματος και φυσικού αερίου εισάγονται στις “Ιδιότητες έργου”. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές που εισήχθησαν είναι 0,0563998 €/kWh και 0,0291075 €/kWh για το ρεύμα και το φυσικό αέριο αντίστοιχα.





Εικόνα 4.112 ‘Ιδιότητες Έργου του Δημαρχείου Ζάανσταντ στο BEMAT’



Εικόνα 4.113 ‘Καρτέλα Ενεργειακό Προφίλ του Δημαρχείου Ζάανσταντ στο BEMAT’

Οι συνολικές καταναλώσεις του κτιρίου προτίθενται στην καρτέλα ‘‘Ενεργειακό Προφίλ’’ όπου και παρουσιάζονται αναλυτικά βάση του είδους ενέργειας που χρησιμοποιείται.

Η συνολική Ηλεκτρική Ενέργεια που καταναλώθηκε από το κτίριο σε βάθος ενός χρόνου είναι 2.905.344 kWh με κόστος 163.860 € και 139.092,54 m<sup>3</sup> φυσικό αέριο με κόστος 44.535 €

Σε επόμενο στάδιο έγινε η επιλογή των ως προς εφαρμογή σεναρίων ενεργειακής βελτιστοποίησης από την οποία προέκυψε μοναδικό σενάριο η ‘‘Αντικατάσταση των Λαμπτήρων Φθορισμού’’. Οι εφαρμογές θερμομονώσεων δεν ωφελούν σε τίποτα από την στιγμή που το κτίριο είναι πλήρως καλυμμένο σε αυτόν τον τομέα, έχοντας θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας με συντελεστή  $U = 3,5/1 = 0,2857$  (W/m<sup>2</sup>K) και συντελεστή  $U = 1,1$  (W/m<sup>2</sup>K) για τα κουφώματα ανοιγμάτων (διπλός υαλοπίνακας με κενό αέρος για μόνωση). Ακόμη τα υπόλοιπα συστήματά του είναι καινούργιας τεχνολογίας, ενεργειακά αποδοτικά όπως παραδείγματος χάρι η χρήση συστήματος γεωθερμίας για θέρμανση και ψύξη, αποκλείοντας με αυτόν τον τρόπο την αντικατάσταση παλαιών συστημάτων. Γνωρίζουμε ότι το κτίριο χρησιμοποιεί 7500 λαμπτήρες φθορισμού (TubeLight) των 35 Watt, οι οποίοι μπορούν να αντικατασταθούν από ενεργειακά οικονομικότερους λαμπτήρες LED.

Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού: Αρχικά εξετάσαμε το είδος λαμπτήρα LED που ταιριάζει στις υπάρχουσες βάσεις των λαμπτήρων φθορισμού (TubeLight) και καταλήξαμε στην επιλογή των T8 linear LED light bulbs. Η υπάρχουσα εγκατάσταση αποτελείται από 7.000 Λαμπτήρες φθορισμού ισχύος 35 W ο καθένας με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 612.500 kWh. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης απαιτείται η εισαγωγή των συνολικών ωρών λειτουργίας των λαμπτήρων ανά έτος. Βάση των στοιχείων που διαθέτουμε θεωρήσαμε ότι οι ώρες λειτουργίας προκύπτουν ως εξής:

$$10 \text{ ώρες/ημέρα} \times 5 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 50 \text{ εβδομάδες/έτος} = 2.500 \text{ ώρες/έτος}$$

Στο σημείο αυτό να τονίσουμε ότι στο BEMAT είναι προεπιλεγμένος τύπος φορτίου ο Λαμπτήρας Πυρακτώσεως και δεν επιτρέπει την επιλογή διαφορετικού είδους λαμπτήρα με αποτέλεσμα στις εικόνες της εφαρμογής να εμφανίζεται Λαμπτήρας Πυρακτώσεως. Ο υπολογισμός των καταναλώσεων και της εξοικονόμησης ενέργειας δεν επηρεάζεται από την επιλογή αυτή, από την στιγμή που εισάγεται η σωστή ισχύς φορτίου για τους Λαμπτήρες Φθορισμού που θα αντικατασταθούν.

## Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης

Εισάγετε τα στοιχεία που αφορούν στην αντικατάσταση των λαμπτήρων πυράκτωσης:

**Υπάρχουσα εγκατάσταση**

**Τύπος Φορτίου \***  
Λαμπτήρας Πυρακτώσεως

**Ισχύς Φορτίου (W) \***  
35.0

**Πλήθος \***  
7000

**Ώρες Λειτουργίας ανά έτος \***  
2500.0

**Ετήσια Κατανάλωση (kWh) \***  
612500

**Νέα εγκατάσταση**

**Τύπος Φορτίου \***  
Λαμπτήρας Οικονομίας

**Ισχύς Φορτίου (W) \***  
17.0

**Πλήθος \***  
7000

**Ώρες Λειτουργίας ανά έτος \***  
2500

**Ετήσια Κατανάλωση (kWh) \***  
297500

**Κόστος εγκατάστασης**

**Κόστος λαμπτήρα (€) \***  
15.0

**Επιπρόσθετα κόστη \***  
5.0

Εικόνα 4.114 “Αντικατάσταση Λαμπτήρων Πυράκτωσης”

Η νέα εγκατάσταση αποτελείται από 7.000 Λαμπτήρες LED μάρκας Philips τύπου Equivalent Daylight T8 LED Light Bulb με 17 W. Η συγκεκριμένοι λαμπτήρες είναι InstantFit LEDs με δυνατότητα απευθείας εγκατάστασης στις υπάρχουσες βάσεις των λαμπτήρων φθορισμού χωρίς να απαιτείται αντικατάσταση των Ballasts η κάποιας επιπλέον καλωδίωσης. Ο χρόνος ζωής τους ανέρχεται στις 50.000 ώρες και η φωτεινή ροή τους στα 164 Lumens ανά Watt.

Το κόστος του κάθε λαμπτήρα είναι 15€ και η εγκατάστασή στοιχίζει 5€ επιπλέον. Η εγγύηση που δίνεται είναι πενταετίας.

Εικόνα 4.115 “Νέα Εγκατάσταση και Κόστος Εγκατάστασης”

Οικονομική ανάλυση	
<b>Συνολικό κόστος (€) *</b>	105005
<b>Ετήσιο όφελος (€) *</b>	17765.96
<b>Χρονικό διάστημα (έτη) *</b>	10.0
<b>Λειτουργικά έξοδα ανά έτος (€) *</b>	0.0
<b>Επιτόκιο αναγωγής (i) % *</b>	1e-08
<b>Καθαρή παρούσα αξία - ΚΠΑ (€) *</b>	72654.6
<b>Έσωτερικός βαθμός απόδοσης - ΕΒΑ % *</b>	11
<b>Έντοκη περίοδος αποπληρωμής - ΕΠΑ *</b>	5.91

[Αποθήκευση](#)

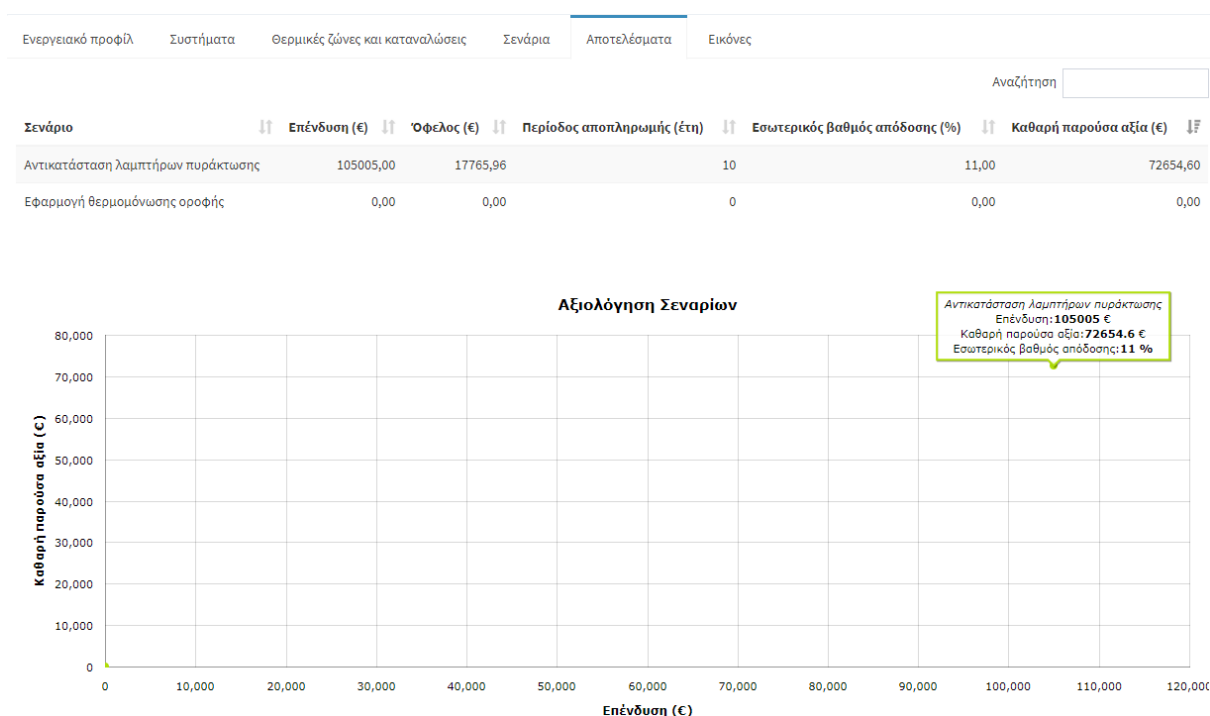


Εικόνα 4.116 “Οικονομική Ανάλυση του Σεναρίου Αντικατάστασης Λαμπτήρων Φθορισμού του Δημαρχείου Ζάανσταντ”

Το χρονικό διάστημα τέθηκε στα 10 χρόνια όπως ορίζεται από τους κανονισμούς για αντικατάσταση λαμπτήρων. Σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι δεδομένου του χρόνου ζωής των καινούργιων λαμπτήρων:  $50.000 \text{ ώρες} / 2.500 \text{ ώρες/έτος} = 20 \text{ χρόνια}$ , η επένδυση θα αποφέρει κέρδη για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, δηλαδή για 20 χρόνια. Η οικονομική ανάλυση του σεναρίου παρουσιάζει θετική Καθαρή Παρούσα Αξία με τιμή

72.654,6 €, δεδομένου του συνολικού κόστους ύψους 105.005 € με επιτόκιο αναγωγής 0% (Central Bank News, 2016). Η δράση κρίνεται βιώσιμη με έντοκη περίοδο αποπληρωμής 5,91.

Το τελευταίο κομμάτι της εφαρμογής αποτελεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων όπου εμφανίζεται το σύνολο των δράσεων που επιλέχθηκαν μαζί με τα οικονομικά δεδομένα που αφορούν το ύψος της “Επένδυσης €” και την “Καθαρή Παρούσα Αξία €” του κάθε σεναρίου. Στην περίπτωση αυτή το μοναδικό σενάριο που εμφανίζεται είναι η “Αντικατάσταση των Λαμπτήρων Πυράκτωσης” εφόσον λόγω του ότι το κτίριο είναι σχετικά καινούργιο και ενεργειακά πλήρως αναβαθμισμένο δεν κρίνονται απαραίτητες επιπλέον δράσεις.



Εικόνα 4.117 “Αποτελέσματα της Εφαρμογής του BEMAT στο Δημαρχείο Ζάανσταντ”

#### 4.3.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του BEMAT

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τα σενάρια που προτείνονται από το BEMAT για όλα τα κτίρια και για κάθε σενάριο ξεχωριστά. Οι τιμές που αναφέρονται αφορούν στο όφελος σε kWh/έτος, στο όφελος σε €/έτος, στην ΚΠΑ και στο συνολικό κόστος της επένδυσης.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειθούν οι μεταβολές στις τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U όπως αυτές προέκυψαν από την εφαρμογή του BEMAT:

Πίνακας 4.16 “Μεταβολή Συντελεστή Θερμοπερατότητας”

Κτίριο	Μεταβολή Συντελεστή Θερμοπερατότητας U	
	Εφαρμογή Εξωτερικής Θερμομόνωσης	Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής
SAVONA SCHOOL	1.10 σε 0.35	1.85 σε 0.31
SAVONA CAMPUS	-	0.70 σε 0.31
SANT CUGAT TOWNHALL	-	0.68 σε 0.40
SANT CUGAT THEATRE	-	1.70 σε 0.40
ZAANSTAD TOWNHALL	-	-

Πίνακας 4.17 “Αποτελέσματα Εφαρμογής του BEMAT”

Κτίριο	Εφαρμογή Εξωτερικής Θερμομόνωσης			Εφαρμογή Θερμομόνωσης Οροφής		
	Όφελος kWh/έτος	ΚΠΑ €	Κόστος €	Όφελος kWh/έτος	ΚΠΑ €	Κόστος €
SAVONA SCHOOL	239490.81	342356.8	464760.0	66949.29	110628.3	112500
SAVONA CAMPUS	-	-	-	259615.2	15021	632880
SANT CUGAT TOWNHALL	-	-	-	45901.9	-30364.5	151900
SANT CUGAT THEATRE	-	-	-	141410.91	152104.3	259350
ZAANSTAD TOWNHALL	είναι ήδη θερμομονωμένο			είναι ήδη θερμομονωμένη		

Αντικατάσταση Παλαιών Υαλοπινάκων			Εγκατάσταση Φ/Β Συστήματος			Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού		
Όφελος kWh/έτος	ΚΠΑ €	Κόστος €	Όφελος €/έτος	ΚΠΑ €	Κόστος €	Όφελος kWh/έτος	ΚΠΑ €	Κόστος €
22680.6	-30982.3	107419	διαθέτει φωτοβολταϊκά			-	-	-
-	-	-	3911.36	61541.31	33742.7	-	-	-
διαθέτει ήδη ενεργειακούς υαλοπίνακες			διαθέτει φωτοβολταϊκά			-	-	-
-			δεν υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης			-	-	-
διαθέτει ήδη ενεργειακούς υαλοπίνακες			δεν υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης			315000	72654.6	105005

#### 4.4 Αποτελέσματα e-SCEAF μετά την εφαρμογή των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας

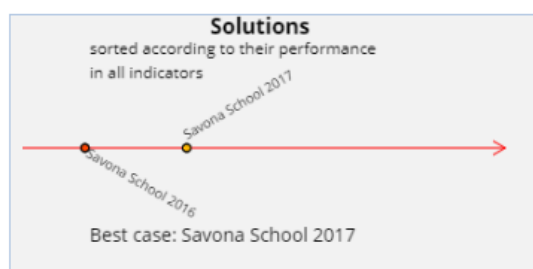
Το τελευταίο μέρος της παρούσας μελέτης αποτελεί η δεύτερη εφαρμογή του e-SCEAF στα πέντε υπό μελέτη κτίρια και η διεξαγωγή συγκριτικών αποτελεσμάτων για την ενεργειακή απόδοση και την βελτιστοποίηση των κτιρίων που πετύχαμε μέσω των βελτιωτικών δράσεων που προτάθηκαν από τα προγράμματα TCV και BEMAT. Η αξιολόγηση αυτή δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για το κάθε κτίριο και για τον βαθμό εκπλήρωσης μεσοπρόθεσμων αλλά και μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων κατά την μετάβαση των κτιρίων σε ενεργειακά αναβαθμισμένα και αποδοτικότερα κτίρια. Με αυτόν τον τρόπο τα προγράμματα αυτά συμβάλλουν στην προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την δημιουργία μιας αειφόρου ανάπτυξης και καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής μέσω της ενεργειακής εξοικονόμησης και της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες εναλλακτικές πηγές ενέργειας.

Η λεπτομερή λειτουργία του e-SCEAF και οι δείκτες αξιολόγησης που χρησιμοποιεί περιγράφονται και αναλύονται στο κεφάλαιο “3.1 Smart City Energy Assessment Framework (e-SCEAF)”.

##### 4.4.1 Εφαρμογή e-SCEAF στο Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”

Τα νέα δεδομένα, που προέκυψαν, εισήχθησαν στον υπάρχοντα λογαριασμό του έργου Σχολείο “Savona Colombo-Pertini” και παρατίθενται στο κεφάλαιο Παραρτήματα στον Πίνακα Π2. Τα αποτελέσματα, τα οποία προέκυψαν από την αξιολόγηση του εργαλείου είναι τα εξής:

<b>Savona School 2017</b>	Medium	-0.48	2.52
<b>Savona School 2016</b>	Very Low	-0.04	0.96



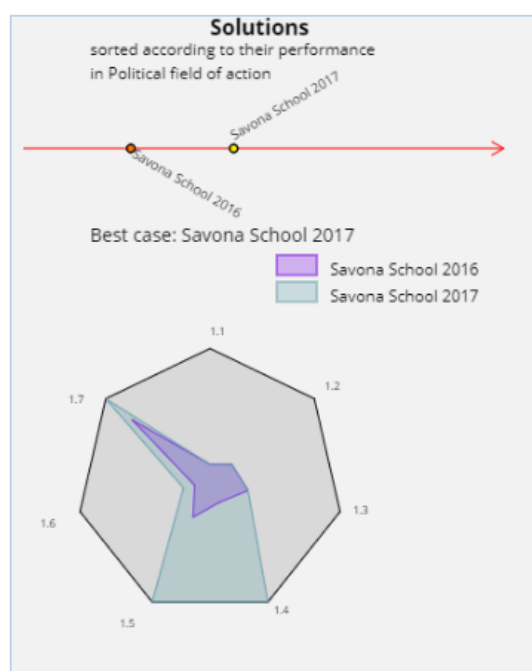
Εικόνα 4.118 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του σχολείου της Σαβόνας στο e-SCEAF, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Στο πρώτο πεδίο, παρατηρούμε ότι η γενική βαθμολογία από “πολύ χαμηλή (Very Low), - 0,04 και 0,96” μετατράπηκε σε “μέτρια (Medium), -0,48 και 2,52”, σημειώνοντας μια

μεγάλη βελτίωση. Από το αποτέλεσμα αυτό εξάγεται το συμπέρασμα, ότι το κτίριο πράγματι εμφάνιζε μεγάλα περιθώρια βελτίωσης, τα οποία καταφέραμε να αξιοποιήσουμε και να υλοποιήσουμε. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην παλαιότητα του κτιρίου και στην παντελή έλλειψη μονωτικών υλικών κατασκευαστικά αλλά και στην έλλειψη συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι βελτιώσεις στην βαθμολογία για κάθε άξονα ξεχωριστά καθώς και το σύνολο των δεικτών.

#### Political field of action

Indicator	Savona School 2016	Savona School 2017
1.1	0.12	0.12
1.2	0.2	0.2
1.3	0.29	0.29
1.4	0.16	1
1.5	0.29	1
1.6	0.11	0.2
1.7	0.75	1



Εικόνα 4.119 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

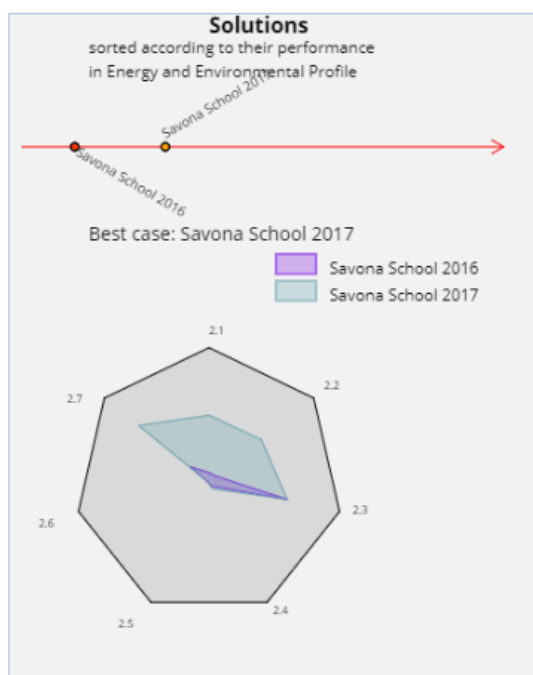
Παρατηρούμε πως οι δείκτες 1.1, 1.2, 1.3 παραμένουν ίδιοι, γεγονός το οποίο αναμενόταν, εφόσον οι στόχοι μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, του διοξειδίου του άνθρακα και συμμετοχής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα δεν άλλαξαν. Οι δείκτες 1.4 και 1.5 διαπιστώνουμε πως αυξήθηκαν στη 1 μονάδα (ιδανική βαθμολογία), δείχνοντας το βαθμό μεσοπρόθεσμης βελτίωσης στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, συμβάλλοντας στην επίτευξη των στόχων, που έχουν τεθεί. Ο δείκτης 1.6, που αφορά την συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική



χρήση, παρατηρούμε πως δεν βελτιώθηκε αισθητά, εφόσον δεν πραγματοποιήθηκαν δράσεις εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως παραδείγματος χάρι είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τέλος, αναμενόμενη ήταν και η αύξηση του δείκτη 1.7 σε ιδανική, δεδομένων των επενδύσεων που υλοποιήθηκαν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

### Energy and Environmental Profile

Indicator	Savona School 2016	Savona School 2017
2.1	0.06	0.49
2.2	0.06	0.5
2.3	0.6	0.59
2.4	0.03	0.05
2.5	0	0
2.6	0	0
2.7	Very Low	High



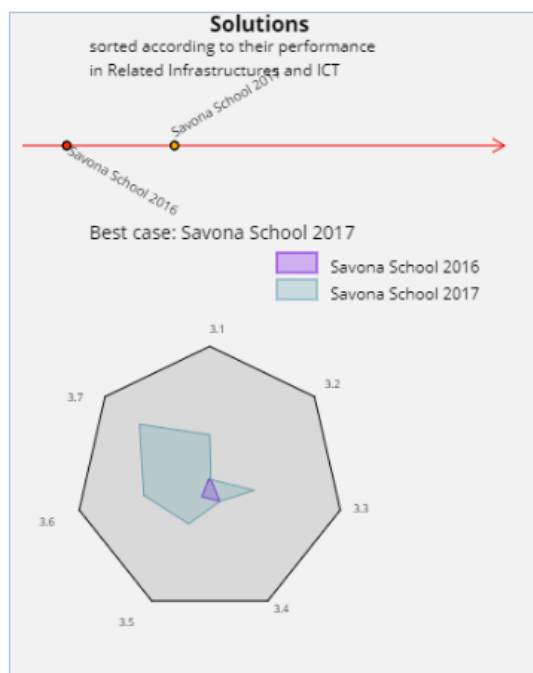
Εικόνα 4.120 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Οι δείκτες 2.1 και 2.2, οι οποίοι αντιστοιχούν στα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας και των ορυκτών καυσίμων, που καταναλώνονται, σημειώνουν σημαντική βελτίωση, πράγμα το οποίο οφείλεται στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, η οποία προέρχεται από την εφαρμογή θερμομόνωσης οροφής και θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας. Οι επόμενοι δύο δείκτες, που εκφράζουν το συντελεστή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρέμειναν αμετάβλητοι, εφόσον δεν

πραγματοποιήθηκαν δράσεις προς αυτή την κατεύθυνση. Οι δείκτες 2.5 και 2.6 παραμένουν μηδενικοί λόγω της διατήρησης της αποθήκευσης παραγόμενης ενέργειας και της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας σε μηδενικό επίπεδο. Ο τελευταίος δείκτης αποδίδει την ενεργειακή απόδοση του ενεργειακού κελύφους, το οποίο εκφράζεται από το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, όπου η ενεργειακή κλάση μετέβη από την κλάση F (105.7 kWh/m<sup>2</sup>) στην κλάση C (55.4 kWh/m<sup>2</sup>) (Encerticus, Italy).

#### Related Infrastructures and ICT

Indicator	Savona School 2016	Savona School 2017
3.1	Insignificant	Low
3.2	0	0
3.3	Insignificant	Low
3.4	0.17	0.17
3.5	0.13	0.36
3.6	Insignificant	Medium
3.7	Insignificant	High



Εικόνα 4.121 “Βαθμολογία του Κτιρίου για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

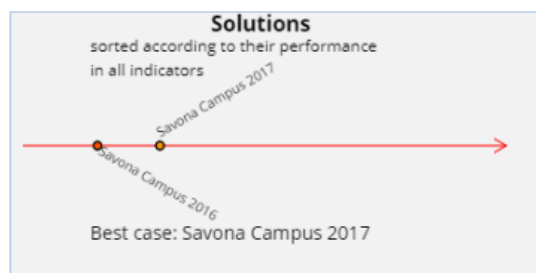
Όσον αφορά τους δείκτες 3.2 και 3.4 του άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” διαπιστώνουμε πως παραμένουν ίδιοι εφόσον δεν προστέθηκαν ενεργειακά συστήματα εποπτείας και δεν άλλαξε η ευελιξία και η δυνατότητα εναλλαγής παρόχων ενέργειας. Οι δείκτες 3.1 και 3.3 σημειώνουν σημαντική πρόοδο και αφορούν στην εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού, στην χρήση ΤΠΕ για διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας (e-

SCEAF, TCV, BEMAT) και σε περιβαλλοντικά συστήματα εποπτείας. Ο δείκτης 3.5 εκφράζει την μείωση του κόστους κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, το οποίο μειώθηκε σημαντικά λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας που επετεύχθη με την εφαρμογή των θερμομονώσεων. Οι δείκτες 3.6 και 3.7 επηρεάζονται από την αξιοποίηση των κοινωνικών δικτύων και την ανατροφοδότηση των χρηστών για την διαμόρφωση σεναρίων ενεργειακής διαχείρισης, η οποία πραγματοποιείται μέσω του εργαλείου TCV.

#### 4.4.2 Εφαρμογή e-SCEAF στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’

Αντίστοιχα με την πρώτη εφαρμογή του e-SCEAF, που υλοποιήθηκε στην Πανεπιστημιούπολη ‘‘Savona Campus’’, εισήχθησαν νέα δεδομένα που προέκυψαν από τις εφαρμογές του BEMAT και του TCV ώστε να αποτιμηθεί η βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση της Πανεπιστημιούπολης.

<b>Savona Campus 2017</b>	Low	0.1	2.1
<b>Savona Campus 2016</b>	Very Low	0.14	1.14

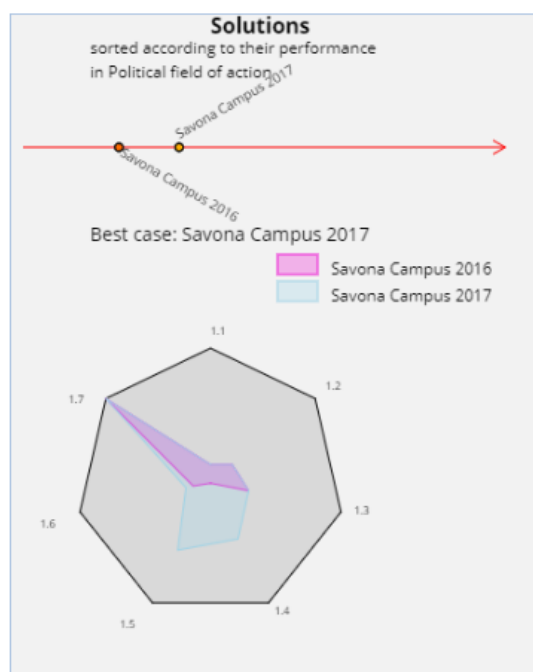


Εικόνα 4.122 ‘‘Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης της Πανεπιστημιούπολης της Σαβόνας στο e-SCEAF, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων’’

Στο πρώτο πεδίο, παρατηρούμε ότι η γενική βαθμολογία από ‘‘πολύ χαμηλή (Very Low), - 0,14 και 1,14’’ μετατράπηκε σε ‘‘χαμηλή (Low), 0,1 και 2,1’’, σημειώνοντας μια βελτίωση αρκετά μικρότερη από αυτή που σημειώθηκε στο Σχολείο της Σαβόνας, γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο αφού στο δεύτερο υλοποιήθηκαν περισσότερα σενάρια ενεργειακής βελτιστοποίησης. Από τα αποτελέσματα αυτά συνεπάγεται ότι και για κτίρια της δεκαετίας 1990 μπορούν να πραγματοποιηθούν δράσεις ενεργειακής βελτίωσης, σημειώνοντας όμως μικρότερες διαφορές στην βελτίωση, σε αντίθεση με παλαιότερα κτίρια, όπως είναι αυτό του Σχολείου, το οποίο είναι της δεκαετίας του 1950.

### Political field of action

Indicator	Savona Campus 2016	Savona Campus 2017
1.1	0.12	0.12
1.2	0.2	0.2
1.3	0.29	0.29
1.4	0	0.47
1.5	0	0.56
1.6	0.12	0.18
1.7	1	1

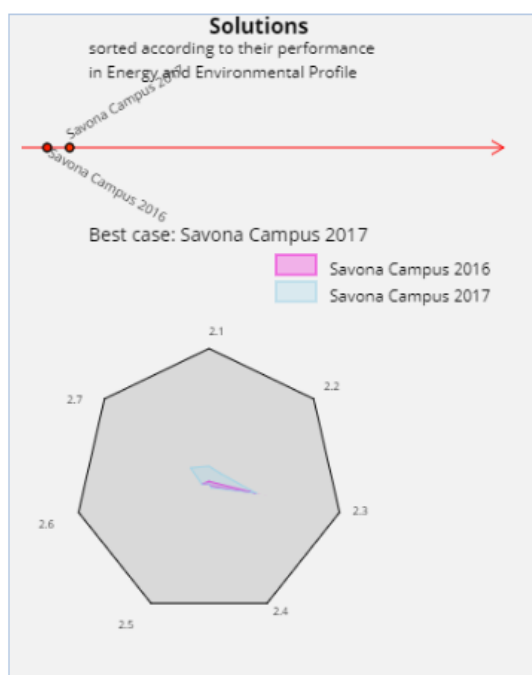


Εικόνα 4.123 “Βαθμολογία Πανεπιστημιούπολης Savona Campus για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Αντίστοιχα με το Σχολείο, έτσι και στην συγκεκριμένη περίπτωση, παρατηρούμε πως οι πρώτοι τρεις δείκτες παραμένουν ίδιοι εφόσον δεν έχουν αλλάξει οι στόχοι, που έχουν τεθεί. Όσον αφορά τους δείκτες 1.4 και 1.5, σημειώσανε και αυτοί σημαντική αύξηση, έχοντας όμως ακόμα περιθώρια βελτίωσης, έτσι ώστε να αγγίξουν μια ιδανική τιμή. Ο δείκτης 1.6, ο οποίος εκφράζει τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική χρήση, αυξήθηκε από 0.12 σε 0.18, πράγμα το οποίο οφείλεται στην εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος μεγέθους 20kWp. Ο δείκτης 1.7, που αφορά σε κεφάλαια, που έχουν επενδυθεί προς την κατεύθυνση της ενεργειακής βελτιστοποίησης, είχε ήδη την ιδανική τιμή 1, δεδομένων των επενδύσεων, που ήδη έχουν πραγματοποιηθεί στην Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus” πριν την εφαρμογή των βελτιωτικών δράσεων, που προτείνουμε.

## Energy and Environmental Profile

Indicator	Savona Campus 2016	Savona Campus 2017
2.1	0	0.11
2.2	0	0.1
2.3	0.35	0.36
2.4	0.02	0.03
2.5	0	0
2.6	0.04	0.05
2.7	Insignificant	Very Low



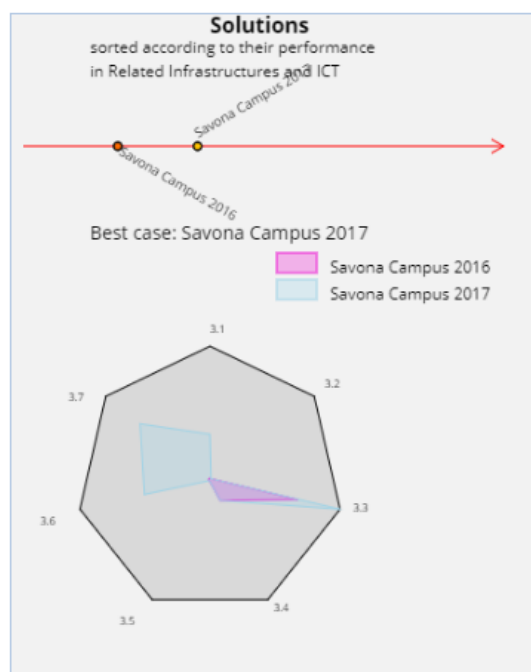
Εικόνα 4.124 “Βαθμολογία Πανεπιστημιούπολης Savona Campus για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Η αύξηση των τιμών των δεικτών 2.1 και 2.2, οι οποίοι αφορούν στο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας και στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, οφείλονται στην εφαρμογή της θερμομόνωσης οροφής για την οποία προέκυψε μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής από  $0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$  σε  $0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$  (διαφορά πολύ μικρότερη από αυτή του Σχολείου  $1.85 \text{ W/m}^2\text{K}$  σε  $0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Οι δείκτες 2.3 και 2.4, οι οποίοι εκφράζουν το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση και τον συντελεστή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, σημειώνουν μικρή αύξηση, πράγμα το οποίο οφείλεται στην μείωση της συνολικής κατανάλωσης της πανεπιστημιούπολης, ενώ οι απόλυτες τιμές τους παραμένουν σταθερές. Οι δείκτες 2.5 και 2.6 σημείωσαν αμελητέα διαφορά εφόσον δεν εφαρμόστηκε κανένα μέτρο προς την αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας και της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Τέλος, ο δείκτης 2.7 αποδίδει την ενεργειακή

απόδοση του κτιριακού κελύφους, το οποίο εκφράζεται από το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, όπου η ενεργειακή κλάση μετέβη από την κλάση G (119.6 kWh/m<sup>2</sup>) στην κλάση F (106.2 kWh/m<sup>2</sup>) (Encerticus, Italy).

#### Related Infrastructures and ICT

Indicator	Savona Campus 2016	Savona Campus 2017
3.1	Insignificant	Low
3.2	0	0
3.3	High	Optimus
3.4	0.17	0.17
3.5	0	0
3.6	Insignificant	Medium
3.7	Insignificant	High



Εικόνα 4.125 “Βαθμολογία της Πανεπιστημιούπολης Savona Campus για τον Άξονα ‘Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ’ μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

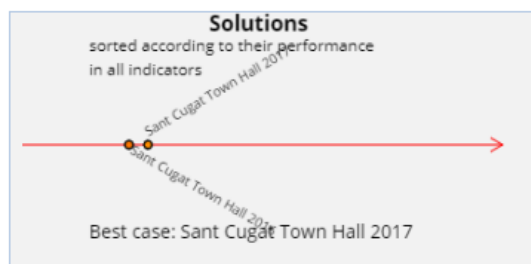
Οι δείκτες 3.1 και 3.3 σημείωσαν βελτίωση λόγω της εφαρμογής επιπλέον συστημάτων αυτοματισμού αλλά και την αύξηση της χρήσης ΤΠΕ για την διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας (e-SCEAF, TCV, BEMAT). Ο δείκτης 3.2 παρέμεινε ίδιος εφόσον δεν εγκαταστάθηκε επιπλέον σύστημα ενεργειακής εποπτείας. Ο δείκτης 3.4 δεν επηρεάστηκε εφόσον δεν καμία αλλαγή στην εναλλαγή παρόχων ενέργειας. Αν και σημειώθηκε μείωση του κόστους για τις ενεργειακές ανάγκες, η μείωση αυτή δεν είναι επαρκής ώστε να σημειωθεί αισθητή βελτίωση στον δείκτη 3.5. Τα αποτελέσματα για τους δείκτες 3.6 και 3.7

επηρεάστηκαν σημαντικά από την αξιοποίηση των κοινωνικών δικτύων και από την ανατροφοδότηση των χρηστών, που πραγματοποιεί το TCV.

#### 4.4.3 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ

Η τρίτη κατά σειρά εφαρμογή του εργαλείου e-SCEAF επαναλήφθηκε για το Δημαρχείο του Σαν Κουγκάτ. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, η αξιολόγηση του κτιρίου μετά την εφαρμογή των βελτιωτικών δράσεων εμφάνισε τιμή “χαμηλή (Low), -0,06 και 1,94”. Η διαφορά από την προηγούμενη αξιολόγηση δεν είναι τόσο έντονη, εφόσον εν τέλει δεν επιλέχθηκε καμία από τις βελτιωτικές δράσεις προς υλοποίηση λόγω της ύπαρξης καθαρής παρούσας αξίας, η οποία ήταν αρνητική.

<b>Sant Cugat Town Hall 2017</b>	Low	-0.06	1.94
<b>Sant Cugat Town Hall 2016</b>	Low	-0.35	1.65

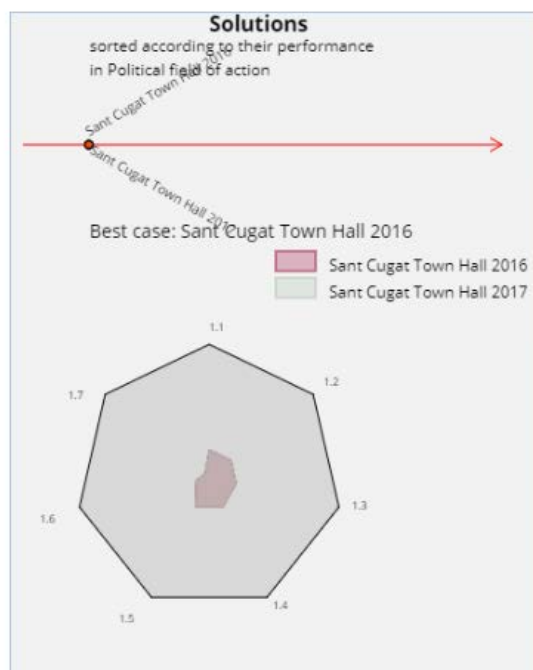


Εικόνα 4.126 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ στο e-SCEAF, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Για τον πρώτο άξονα αξιολόγησης παρατηρείται, ότι όλοι οι δείκτες δεν υφίστανται καμία αλλαγή, το οποίο οφείλεται στο ότι οι στόχοι παρέμειναν οι ίδιοι και επιπλέον δεν πραγματοποιήθηκε κανένα σενάριο ενεργειακής βελτιστοποίησης.

### Political field of action

Indicator	Sant Cugat Town Hall 2016	Sant Cugat Town Hall 2017
1.1	0.2	0.2
1.2	0.2	0.2
1.3	0.2	0.2
1.4	0.24	0.24
1.5	0.24	0.24
1.6	0.09	0.09
1.7	0.03	0.03



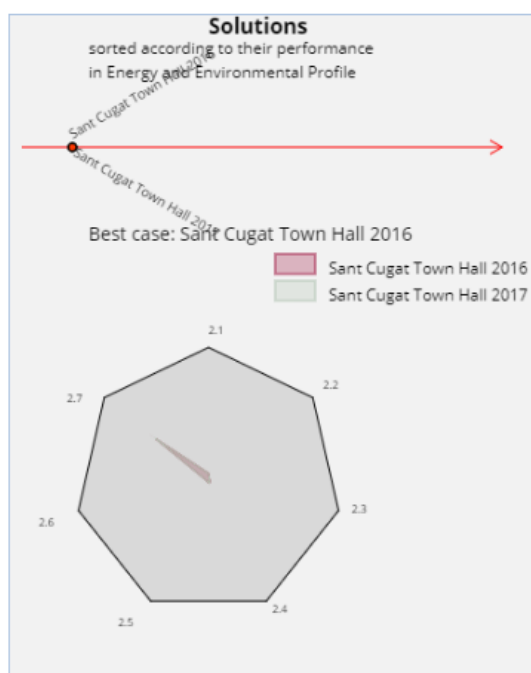
Εικόνα 4.127 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Όπως στον πρώτο άξονα, έτσι και στον δεύτερο δεν διαπιστώνεται καμία αλλαγή στις τιμές των δεικτών, γεγονός το οποίο οφείλεται επίσης στην μη εφαρμογή σεναρίων ενεργειακής βελτιστοποίησης.



### Energy and Environmental Profile

Indicator	Sant Cugat Town Hall 2016	Sant Cugat Town Hall 2017
2.1	0.05	0.05
2.2	0	0
2.3	0	0
2.4	0.01	0.01
2.5	0	0
2.6	0	0
2.7	Medium	Medium



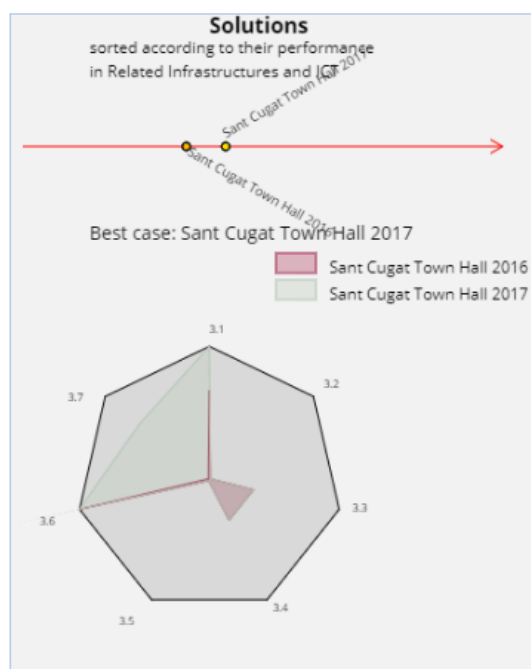
Εικόνα 4.128 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Ο δείκτης 3.1 είχε την τιμή “High” λόγω της ύπαρξης περιβαλλοντικών συστημάτων εποπτείας, όπως αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας, εσωτερικής θερμοκρασίας, ηλιακής ακτινοβολίας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η εφαρμογή επιπλέον συστημάτων και η χρήση ΤΠΕ για διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας (e-SCEAF, TCV, BEMAT) συμβάλλουν στην μετατροπή του δείκτη σε ιδανικό “Optimus”. Ο δείκτης 3.2, όπως και στις προηγούμενες εφαρμογές δεν επηρεάστηκε εφόσον δεν εφαρμόστηκε κανένα επιπλέον ενεργειακό σύστημα εποπτείας. Για τον δείκτη 3.3 αν και εφαρμόστηκε σύστημα πρόβλεψης (TCV) δεν έγινε αισθητή η διαφορά, με αποτέλεσμα ο δείκτης να παραμείνει χαμηλός. Οι δείκτες 3.4 και 3.5 δεν επηρεάστηκαν καθόλου εφόσον δεν έγινε καμία αλλαγή στην εναλλαγή παρόχων ενέργειας και δεν μειώθηκε και το κόστος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Ο δείκτης 3.6 κυμαινόταν ήδη σε ιδανικά επίπεδα, μιας και το

Δημαρχείο αξιοποιεί κοινωνικά δίκτυα, όπως είναι το Facebook και το Twitter. Η διαφορά στο δείκτη 3.7 έγκειται στην λειτουργία του TCV για την οποία χρησιμοποιούνται οι ανατροφοδοτήσεις από τους χρήστες του Δημαρχείου, για την διαμόρφωση του σημείου ρύθμισης της θερμοκρασίας λειτουργίας του κτιρίου.

#### Related Infrastructures and ICT

Indicator	Sant Cugat Town Hall 2016	Sant Cugat Town Hall 2017
3.1	High	Optimus
3.2	0	0
3.3	Low	Low
3.4	0,33	0,33
3.5	0	0
3.6	Optimus	Optimus
3.7	Insignificant	High



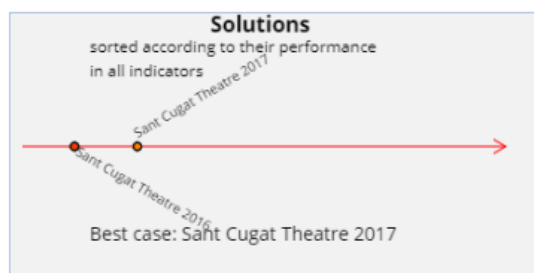
Εικόνα 4.129 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

#### 4.4.4 Εφαρμογή e-SCEAF στο Θέατρο Σαν Κουγκάτ

Ομοίως με τα προηγούμενα κτίρια, έτσι και στην περίπτωση του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ εφαρμόστηκε το εργαλείο e-SCEAF με σκοπό την σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου πριν και μετά την δράση των σεναρίων βελτίωσης. Η μεγάλη βελτίωση που σημειώθηκε για το Θέατρο οφείλεται κυρίως στην εφαρμογή της θερμομόνωσης οροφής, η

οποία αυξήθηκε αισθητά και συγκεκριμένα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας μεταβλήθηκε από 1.70 W/m<sup>2</sup>K σε 0.40 W/m<sup>2</sup>K. Η αξιολόγηση του κτιρίου μετά την εφαρμογή των βελτιωτικών δράσεων εμφάνισε τιμή ‘χαμηλή (Low), -0,24 και 1,76’, ενώ αρχικά ήταν ‘Πολύ Χαμηλή (Very Low) -0.2 και 0.8’.

<b>Sant Cugat Theatre 2017</b>	Low	-0.24	1.76
<b>Sant Cugat Theatre 2016</b>	Very Low	-0.2	0.8

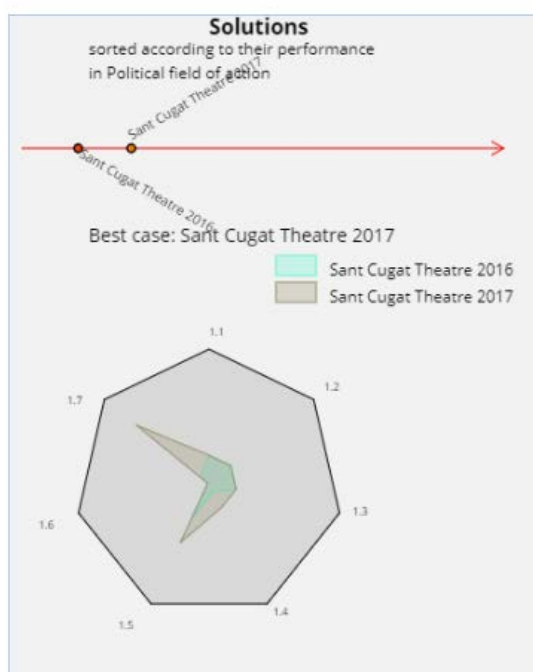


Εικόνα 4.130 ‘Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ στο e-SCEAF, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων’

Όπως και στο Δημαρχείο του Σαν Κουγκάτ, οι στόχοι, που έχουν τεθεί για την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της συμμετοχής των ΑΠΕ σε τελική χρήση, δεν τροποποιήθηκαν, για αυτό το λόγο παρέμειναν οι ίδιοι. Τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα για την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα και την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης εκφράζονται μέσω των δεικτών 1.4 και 1.5, οι σημειώνουν μεγάλη βελτίωση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξοικονόμηση ενέργειας, που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της θερμομόνωσης οροφής. Η μηδενική τιμή του δείκτη 1.6 οφείλεται στην απουσία ΑΠΕ. Ο δείκτης 1.7 σημείωσε σημαντική βελτίωση εφόσον επενδύθηκαν μεγάλα ποσά για την εφαρμογή των βελτιωτικών σεναρίων.

### Political field of action

Indicator	Sant Cugat Theatre 2016	Sant Cugat Theatre 2017
1.1	0.2	0.2
1.2	0.2	0.2
1.3	0.2	0.2
1.4	0.06	0.2
1.5	0.29	0.49
1.6	0	0
1.7	0.07	0.69



Εικόνα 4.131 “Βαθμολογία του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Η αύξηση των τιμών των δεικτών 2.1 και 2.2, οι οποίοι αφορούν στο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας και στην μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, ήταν αναμενόμενοι, λόγω της εφαρμογής της θερμομόνωσης οροφής, χωρίς όμως να σημειώσουν μεγάλη βελτίωση, καθώς η ενέργεια που εξοικονομείται αποτελεί ένα μικρό ποσοστό της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Ο δείκτης 2.3 σημείωσε μικρή αύξηση εφόσον μειώθηκε η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, ενώ δεν υπήρξε αντίστοιχη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ο δείκτης 2.4 παρέμεινε μηδενικός, εφόσον δεν εγκαταστάθηκαν ΑΠΕ. Αντίστοιχα δεν επηρεάστηκαν και οι δείκτες 2.5 και 2.6 οι οποίοι εκφράζουν την δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας και την δυνατότητα ΣΗΘ. Η ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους παραμένει στην κατηγορία E (από 315,8 kWh/m<sup>2</sup> σε 281,7 kWh/m<sup>2</sup>) του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης για κτίρια της Ισπανίας (Encerticus, Spain).

### Energy and Environmental Profile

Indicator	Sant Cugat Theatre 2016	Sant Cugat Theatre 2017
2.1	0.06	0.1
2.2	0.12	0.12
2.3	0.37	0.39
2.4	0	0
2.5	0	0
2.6	0	0
2.7	Low	Low



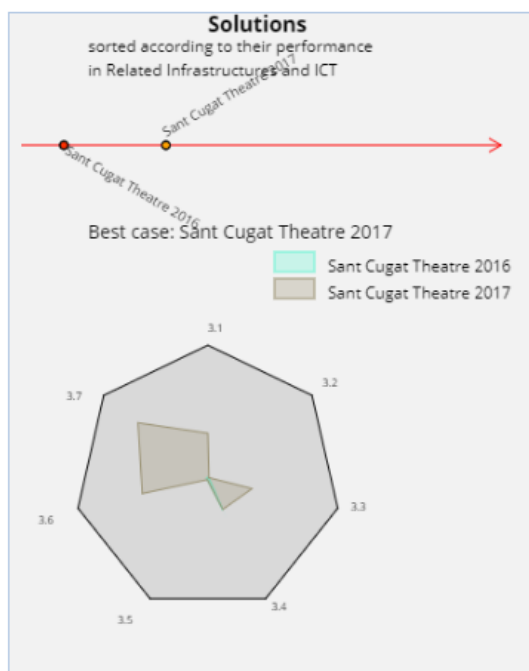
Εικόνα 4.132 “Βαθμολογία του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Σχετικά με τον τελευταίο άξονα, δηλαδή τον άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ”, παρατηρούμε μηδενικές τιμές για τους δείκτες 3.2 και 3.5 οι οποίοι αφορούν σε ενεργειακά συστήματα εποπτείας και στην μείωση του κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Η πρώτη μηδενική τιμή οφείλεται στην απουσία τέτοιων συστημάτων ενώ η δεύτερη, αν και έχει βελτιωθεί το κόστος για την κάλυψη, κυμαίνεται ακόμη σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Η μεταβολή των δεικτών 3.1 και 3.3 από αμελητέα “Insignificant” σε χαμηλή “Low” δικαιολογείται από την εφαρμογή των εργαλείων e-SCEAF, TCV, BEMAT τα οποία αποτελούν συστήματα ΤΠΕ για την διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και συστήματα πρόβλεψης της θερμοκρασίας (TCV). Ο δείκτης 3.4 παρέμεινε ίδιος και εκφράζει την ευελιξία και την δυνατότητα εναλλαγής παρόχων ενέργειας. Η μείωση του κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών παραμένει επίσης σταθερή και ίση με

μηδέν διότι το κόστος βρίσκεται ακόμη σε πολύ υψηλά επίπεδα. Η αξιοποίηση του κοινωνικού δικτύου “Facebook” από το εργαλείο TCV εκφράζεται μέσω της μεταβολής του δείκτη 3.6 από “Insignificant” σε “Medium”. Επίσης, επηρεάζεται για τον ίδιο λόγο και ο δείκτης 3.7, ο οποίος εκφράζει την αξιοποίηση της ανατροφοδότησης από τους χρήστες του κτιρίου μέσω του TCV.

#### Related Infrastructures and ICT

Indicator	Sant Cugat Theatre 2016	Sant Cugat Theatre 2017
3.1	Insignificant	Low
3.2	0	0
3.3	Insignificant	Low
3.4	0.25	0.25
3.5	0	0
3.6	Insignificant	Medium
3.7	Insignificant	High

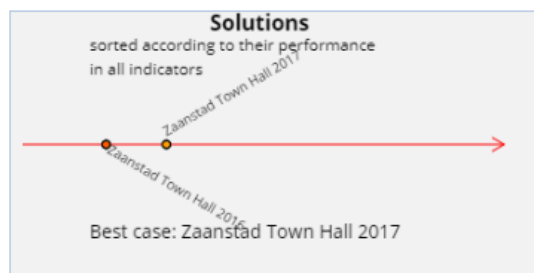


Εικόνα 4.133 “Βαθμολογία του Θεάτρου Σαν Κουγκάτ για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

#### 4.4.5 Εφαρμογή e-SCEAF στο Δημαρχείο Ζάανσταντ

Με την εφαρμογή του e-SCEAF για το δημαρχείο του Zaanstad ολοκληρώνεται το κομμάτι της συγκριτικής αξιολόγησης των κτιρίων και η διεξαγωγή των αποτελεσμάτων για την επίδραση των ενεργειακών σεναρίων βελτίωσης στην ενεργειακή συμπεριφορά τους.

Zaanstad Town Hall 2017	Low	0.21	2.21
Zaanstad Town Hall 2016	Very Low	0.29	1.29

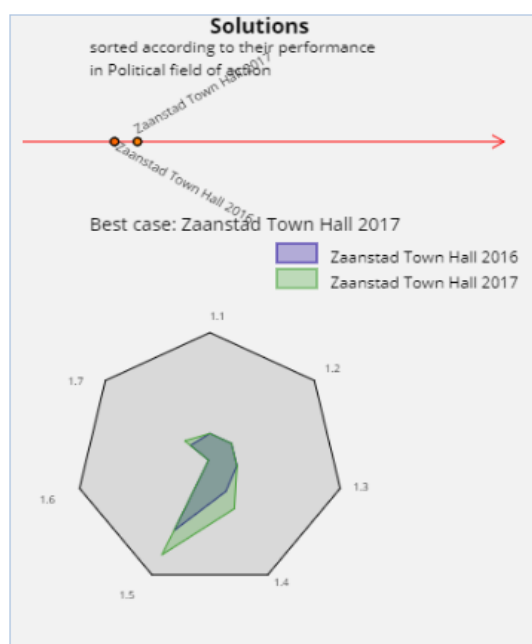


Εικόνα 4.134 “Συνολική Βαθμολογία Ενεργειακής Αξιολόγησης του Δημαρχείου Ζάανσταντ στο e-SCEAF, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Στο πρώτο πεδίο, παρατηρούμε ότι η γενική βαθμολογία από “πολύ χαμηλή (Very Low), - 0,29 και 1,29” μετατράπηκε σε “χαμηλή (Low), 0,21 και 2,21”, σημειώνοντας μια αισθητή βελτίωση. Οι βαθμολογίες του κάθε δείκτη ανά άξονα αξιολόγησης αναλύονται παρακάτω.

### Political field of action

Indicator	Zaanstad Town Hall 2016	Zaanstad Town Hall 2017
1.1	0.2	0.2
1.2	0.2	0.2
1.3	0.2	0.2
1.4	0.27	0.42
1.5	0.61	0.82
1.6	0	0
1.7	0.18	0.23



Εικόνα 4.135 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Ζάανσταντ για τον Άξονα “Στρατηγική” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

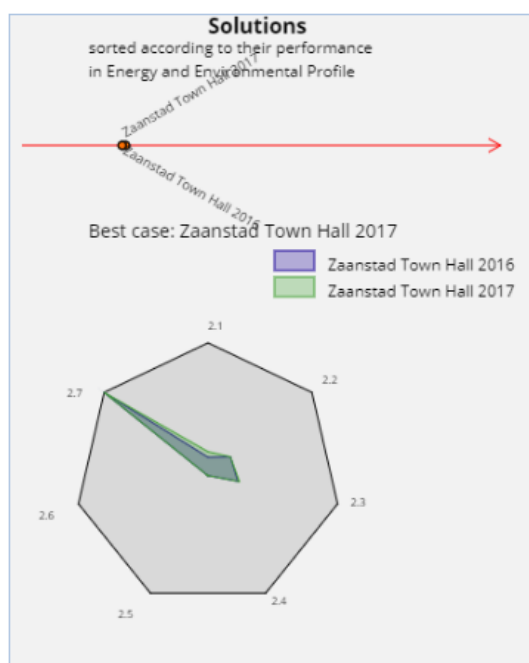
Οι πρώτοι τρεις δείκτες του άξονα “Στρατηγική-Πολιτικός Βαθμός Φιλοδοξίας” αφορούν τους στόχους που έχουν τεθεί προς υλοποίηση μέχρι το 2020, οι οποίοι δεν επηρεάζονται από την εφαρμογή των εργαλείων e-SCEAF, TCV και BEMAT. Οι δείκτες 1.4 και 1.5 εκφράζουν την αποτελεσματικότητα στην υλοποίηση αυτών των στόχων, αξιολογώντας τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και σημειώνουν αισθητή βελτίωση. Η βελτίωση αυτή δικαιολογείται από την εφαρμογή του σεναρίου “Αντικατάστασης Λαμπτήρων Φθορισμού” μέσω του οποίου εξοικονομείται ηλεκτρική ενέργεια. Ο επόμενος δείκτης αποτελεί την αξιολόγηση για τα μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα της συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική χρήση, όπου η τιμή παραμένει μηδενική εφόσον το κτίριο δεν διαθέτει ΑΠΕ και επιπλέον δεν πραγματοποιήθηκε καμία δράση εγκατάστασης Φ/Β συστήματος λόγω των στατικών προβλημάτων που θα προκύπταν για την οροφή. Η μικρή βελτίωση που σημειώνεται από τον δείκτη 1.7 οφείλεται στα επιπλέον κεφάλαια που επενδύονται (112.500



€ για την εφαρμογή του σεναρίου που επιλέχθηκε, τα οποία όμως είναι σχετικά περιορισμένα για ένα κτίριο τέτοιου μεγέθους (18.531 m<sup>2</sup>). Η τιμή 0,18 που κατείχε ο δείκτης πριν οφείλεται σε επενδύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί ήδη, ύψους 326.146 €.

#### Energy and Environmental Profile

Indicator	Zaanstad Town Hall 2016	Zaanstad Town Hall 2017
2.1	0.12	0.16
2.2	0.21	0.21
2.3	0.22	0.23
2.4	0	0
2.5	0	0
2.6	0	0
2.7	Optimus	Optimus



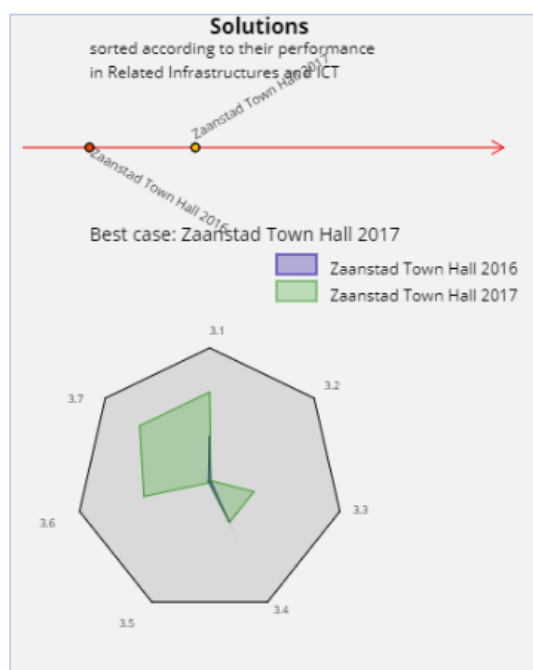
Εικόνα 4.136 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Ζάανσταντ για τον Άξονα “Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Προφίλ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Η αύξηση της τιμής του δείκτη 2.1, ο οποίος αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο, οφείλεται στην εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω της αντικατάστασης των λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες LED. Ο δείκτης 2.2 παρέμεινε σταθερός εφόσον δεν μειώθηκαν οι καταναλώσεις ορυκτών καυσίμων, οπότε και η αντίστοιχη συνολική μείωση έως το 2020 δεν θεωρείται επαρκής. Ο δείκτης 2.3 παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητος σημειώνοντας μικρή βελτίωση, πράγμα το οποίο οφείλεται κυρίως στην μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι δείκτες 2.4, 2.5 και 2.6 παραμένουν σταθεροί και μάλιστα μηδενικοί εφόσον το δημαρχείο δεν διαθέτει μονάδα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, οπότε και δεν έχει δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, όπως και δεν διαθέτει μονάδα ΣΗΘ. Η ενεργειακή απόδοση του κτιριακού

κελύφους είναι εξαιρετική, εφόσον πρόκειται για καινούργιο κτίσμα με πλήρη μόνωση, με αποτέλεσμα την κατάταξή του στην ενεργειακή κλάση Α (δείκτης 2.7 ιδανικός “Optimus”), πριν και μετά την εφαρμογή της δράσης που προτείνεται από το BEMAT.

### Related Infrastructures and ICT

Indicator	Zaanstad Town Hall 2016	Zaanstad Town Hall 2017
3.1	Low	High
3.2	0	0
3.3	Insignificant	Low
3.4	0.33	0.33
3.5	0	0
3.6	Insignificant	Medium
3.7	Insignificant	High



Εικόνα 4.137 “Βαθμολογία του Δημαρχείου Ζάανσταντ για τον Άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ” μαζί με τους αντίστοιχους Δείκτες και το Γράφημα Απόδοσης, πριν και μετά την Εφαρμογή των βελτιωτικών Δράσεων”

Στο τελευταίο πεδίο του εργαλείου e-SCEAF παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των δεικτών που διαμορφώνουν τον άξονα “Σχετικές Υποδομές Ενέργειας και ΤΠΕ”. Ο πρώτος δείκτης όπου αξιολογείται η χρήση συστημάτων αυτοματισμού και η χρήση ΤΠΕ για την διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και η ύπαρξη περιβαλλοντικών συστημάτων εποπτείας βελτιώνεται από χαμηλός “Low” σε υψηλός “High”. Η βελτίωση αυτή επήλθε από την συμβολή των τριών εργαλείων e-SCEAF, TCV και BEMAT με τα οποία επιχειρείται η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου μέσω της διαχείρισης αλλά και της πρότασης δράσεων προς αυτήν την κατεύθυνση. Ο δεύτερος κατά σειρά δείκτης παραμένει

μηδενικός εφόσον δεν εγκαταστάθηκαν ενεργειακά συστήματα εποπτείας. Ο δείκτης 3.3, ο οποίος αξιολογεί της επιρροή και χρήση συστημάτων πρόβλεψης για την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας αλλά και συστήματα πρόβλεψης για την θερμοκρασία βελτιώθηκε εφόσον χρησιμοποιείται το εργαλείο TCV με το οποίο πραγματοποιείται πρόβλεψη για την ρύθμιση της θερμοκρασίας λειτουργίας. Με τον δείκτη 3.4 αξιολογείται η ευελιξία εναλλαγής παρόχων ενέργειας με σκοπό την μείωση του κόστους ενέργειας, η οποία παρέμεινε αμετάβλητη. Αμετάβλητος παρέμεινε επίσης ο δείκτης 3.5 ο οποίος εκφράζει την μείωση του κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, πράγμα το οποίο οφείλεται στην διατήρηση του κόστους σε ίδια επίπεδα. Οι τελευταίοι δύο δείκτες εξετάζουν την αποτελεσματικότητα στην αξιοποίηση των κοινωνικών δικτύων και την αξιοποίηση της ανατροφοδότησης από τους χρήστες του κτιρίου για την εφαρμογή σεναρίων ρύθμισης και διαχείρισης της λειτουργίας του. Η βελτίωση στους δείκτες αυτούς έγκειται στην χρήση του TCV ο οποίος βασίζεται στα δεδομένα που προκύπτουν από αυτά.

## 4.4.6 Συνοπτική Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων του e-SCEAF

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα τελικά αποτελέσματα της δεύτερης εφαρμογής του e-SCEAF, για τα οποία έχουν συνυπολογιστεί οι εφαρμογές των βελτιωτικών σεναρίων που πραγματοποιήθηκαν μέσω των εργαλείων TCV και BEMAT. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούνται από τις τιμές των δεικτών για κάθε άξονα αξιολόγησης αλλά και από την συνολική βαθμολογία των κτιρίων.

Πίνακας 4.18 ‘Δείκτες του e-SCEAF που προέκυψαν από την Ανάλυση των Κτιρίων’

Κτίριο	SAVONA SCHOOL	SAVONA CAMPUS	SANT CUGAT TOWNHALL	SANT CUGAT THEATRE	ZAAANSTAD TOWNHALL
Δείκτες	Medium, -0.48, (2.52)	Low, 0.1, (2.1)	Low, -0.06, (1.94)	Low, -0.24, (1.76)	Low, 0.21, (2.21)
1.1	0.12	0.12	0.2	0.2	0.2
1.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.3	0.29	0.29	0.2	0.2	0.2
1.4	1	0.47	0.24	0.2	0.42
1.5	1	0.56	0.24	0.49	0.82
1.6	0.2	0.18	0.09	0	0
1.7	1	1	0.03	0.69	0.23
2.1	0.49	0.11	0.05	0.1	0.16
2.2	0.5	0.1	0	0.12	0.21
2.3	0.59	0.36	0	0.39	0.23
2.4	0.05	0.03	0.01	0	0
2.5	0	0	0	0	0
2.6	0	0.05	0	0	0
2.7	High	Very Low	Medium	Low	Optimus
3.1	Low	Low	Optimus	Low	High
3.2	0	0	0	0	0
3.3	Low	Optimus	Low	Low	Low
3.4	0.17	0.17	0.33	0.25	0.33
3.5	0.36	0	0	0	0
3.6	Medium	Medium	Optimus	Medium	Medium
3.7	High	High	High	High	High

## 4.4.7 Συμβολή εργαλείων TCV και BEMAT στους δείκτες του e-SCEAF

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε τον Πίνακα 4.21 όπου παρουσιάζεται η συμβολή των εργαλείων TCV και BEMAT ανά δείκτη του e-SCEAF, όπως αυτή προέκυψε από την εφαρμογή των εργαλείων αυτών και από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 4.19 “Συμβολή Εργαλείων TCV και BEMAT ανά Δείκτη του e-SCEAF”

Περιγραφή	Δείκτες	TCV	BEMAT
Στόχος μείωσης των εκπομπών CO <sub>2</sub> σε δημοτικά κτίρια μέχρι το 2020: % των συνολικών εκπομπών	1.1	✘	✘
Στόχος μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης σε δημοτικά κτίρια μέχρι το 2020: % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (παρεχόμενη ενέργεια)	1.2	✘	✘
Στόχος ΑΠΕ σε τελική χρήση σε δημοτικά κτίρια μέχρι το 2020: % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας (παρεχόμενη ενέργεια)	1.3	✘	✘
Μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα στη μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub>	1.4	✓	✓
Μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης	1.5	✓	✓
Μεσοπρόθεσμα αποτελέσματα στη συμμετοχή των ΑΠΕ	1.6	✘	✓
Συνολικές χρηματικές δαπάνες για ενέργεια	1.7	✘	✓
Ενεργειακή κατανάλωση / κάτοικο	2.1	✓	✓
Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2020	2.2	✓	✓
Μέσος συντελεστής εκπομπών CO <sub>2</sub>	2.3	✓	✓
Ένταση παραγωγής από ΑΠΕ	2.4	✘	✓
Ικανότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (ηλεκτρική/θερμική)	2.5	✘	✘
Συμπαράγωγή θερμότητας/ηλεκτρισμού	2.6	✘	✘
Ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους	2.7	✘	✓
Συστήματα Αυτοματισμού, χρήση ΤΠΕ για Διαχείριση και Εξοικονόμηση Ενέργειας και Περιβαλλοντικά Συστήματα Εποπτείας	3.1	✓	✓
Ενεργειακά Συστήματα Εποπτείας	3.2	✘	✘
Συστήματα Πρόβλεψης ενεργειακής κατανάλωσης	3.3	✓	✘
Ευελιξία και δυνατότητα εναλλαγής παρόχων ενέργειας	3.4	✘	✘
Μείωση του κόστους για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών	3.5	✓	✓
Αξιοποίηση των κοινωνικών δικτύων (Facebook, Twitter κ.α.)	3.6	✓	✘
Αξιοποίηση της άποψης των χρηστών των εγκαταστάσεων για τη διαμόρφωση των σεναρίων	3.7	✓	✘

## Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα και Προοπτικές

Μετά από την εφαρμογή, που προηγήθηκε, είμαστε σε θέση να συμπεράνουμε πως η μετάβαση σε έξυπνες πόλεις εξαρτάται από τον συνδυασμό δύο παραγόντων. Ο πρώτος παράγοντας αφορά στην τελική αποτελεσματικότητα της εξοικονόμησης και ο δεύτερος στο οικονομικό όφελος, που προκύπτει από αυτήν, σε συνδυασμό με το κόστος της επένδυσης για την υλοποίηση του μέτρου εξοικονόμησης.

Μέσα από την μελέτη των αποτελεσμάτων προέκυψε, πως τα εργαλεία, που εφαρμόστηκαν, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα για την μετάβαση σε ενεργειακά “έξυπνες” πόλεις, μέσω του καθορισμού των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας των κτιρίων αλλά και μέσω της δυνατότητας υποστήριξης κατά την διαχείριση της ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, για το Σχολείο “Savona Colombo-Pertini”, το οποίο έχει κατασκευαστεί το χρονολογικό έτος 1957, συμπεραίνουμε ότι λόγω της πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης, που σημειώνει, δίνει πολλά περιθώρια βελτίωσης. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της απόδοσης από την εφαρμογή των εργαλείων TCV και BEMAT και μεγάλη επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας με συμφέρουσες οικονομικές δράσεις.

Όσον αφορά, την Πανεπιστημιούπολη “Savona Campus”, η οποία αποτελεί κατασκευή του 1992, έχει αρκετές δυνατότητες εφαρμογής δράσεων με σημαντική εξοικονόμηση, ιδιαίτερα λόγω των διαστάσεων της Πανεπιστημιούπολης (21.500 m<sup>2</sup>), αλλά με μικρότερο οικονομικό όφελος, σε σύγκριση με παλαιότερα κτίρια, όπως το Σχολείο της Σαβόνας.

Το τρίτο κατά σειρά κτίριο, Δημαρχείο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Town Hall”, εμφανίζει λιγότερες δυνατότητες εφαρμογής βελτιωτικών δράσεων, οι οποίες και σημειώνουν αρνητική ΚΠΑ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θεωρούνται ασύμφορες οι επενδύσεις σε θερμομονώσεις σε σχετικά καινούργια κτίρια (έτος κατασκευής 2007).

Το Θέατρο Σαν Κουγκάτ “Sant Cugat Theatre”, το οποίο κατασκευάστηκε σε κοντινή χρονολογική περίοδο με το Σχολείο της Σαβόνας, δηλαδή το έτος 1993, εμφανίζει επίσης αρκετές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με σημαντικό οικονομικό όφελος, όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της παλαιότητάς του, οι οποίες, όμως, δυστυχώς δεν μπόρεσαν να εφαρμοστούν λόγω της φύσης και της λειτουργίας του κτιρίου. Τέτοιες δράσεις είναι η αδυναμία εγκατάστασης φ/β συστήματος λόγω στατικών προβλημάτων οροφής και η μη αποδοτική ρύθμιση θερμοκρασίας λειτουργίας λόγω κατά περιπτώσεις ασταθούς ωραρίου λειτουργίας (παραστάσεις, events).

Το τελευταίο κτίριο, το οποίο είναι και το πιο καινούργιο (2011), έχει πολύ περιορισμένες δυνατότητες επιπλέον εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, τα οποία κατά το πλείστον αποτελούν οικονομικά ασύμφορες επενδύσεις. Για το λόγο αυτό, η μοναδική δράση βελτίωσης, που επιλέχθηκε, είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με αποδοτικότερους λαμπτήρες φωτοδιόδων (LED).

Για όλα τα κτίρια, ανεξάρτητα από την συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που πετύχαμε μέσα από την εφαρμογή των εργαλείων TCV και BEMAT σημειώθηκε σημαντική βελτίωση

στον τρίτο άξονα αξιολόγησης του εργαλείου e-SCEAF, ο οποίος αναφέρεται στην ενσωμάτωση σχετικών υποδομών ενέργειας και στην χρήση ΤΠΕ. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σημαντικά εφόσον τονίζουν την συμβολή των εργαλείων στις ενεργειακά “έξυπνες” πόλεις.

Κλείνοντας δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε την αναφορά πιθανών μελλοντικών προοπτικών σχετικά με τα εργαλεία, που μελετώνται, στην παρούσα διπλωματική εργασία. Θεωρούμε πολύ σημαντική την εναρμόνιση των τριών εργαλείων, δημιουργώντας ένα ενιαίο πληροφοριακό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για την διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας. Το σύστημα αυτό θα πρέπει να αποτελεί επεκτάσιμη πλατφόρμα, παρέχοντας την δυνατότητα εύκολης ενσωμάτωσης επιπλέον εργαλείων ενεργειακής διαχείρισης και εξοικονόμησης με απώτερο σκοπό την συνεχή εξέλιξη και βελτίωση των υπηρεσιών που θα παρέχει. Ακόμη κρίνεται απαραίτητη η ενσωμάτωση επιπρόσθετων λειτουργιών, οι οποίες θα ανταποκρίνονται σε μελλοντικά δεδομένα, προσθέτοντας επιπλέον δράσεις με τελικό σκοπό την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος, που θα ανταπεξέρχεται σε όσο το δυνατόν περισσότερες προκλήσεις ενεργειακού σχεδιασμού και διαχείρισης.

## Βιβλιογραφία

### Ξένη Βιβλιογραφία

- Ansi/Anshrae Standard 55-2013, (2014), *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*
- Capozzoli, A., (POLITO), Gorrino, A., (POLITO), Corrado, V., Doukas, H., Madrazo, L., Sicilia, A., (2015), *Inference engine integrated in the management environment*, Deliverable 3.3, Optimising Energy Use in Cities Through Smart Decision Support Systems
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (2010), *Thermal environmental conditions for human occupancy*, ASHRAE Standard 55-2010
- Beinrott, V., (2015), *Bürgerorientierte Smart City: Potentiale und Herausforderungen*, The Open Government Institute, URL: <https://www.zu.de/institute/togi/assets/pdf/TOGI-150302-TOGI-Band-12-Beinrott-Buergerorientierte-SmartCity-V1.pdf>
- Center of Regional Science, (2007), *Smart Cities: Ranking of European medium-sized cities*, URL: [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
- Central Bank News, *Interest Rates*, URL: <http://www.centralbanknews.info/p/interest-rates.html>
- Corrado, V., Ballarini, I., and Corgnati, S.P., (2012), *National scientific on the Tabula activities in Italy*, Typology Approach for Building Stock Energy Assessment, URL: <http://episcopus.eu/communication/download/>
- Doukas H., *Modelling of linguistic variables in multicriteria energy policy support*, European Journal of Operational Research, 2013, 227 (2) , pp. 227-238
- Energy Manager Today, (2016), *Report: Global industrial energy efficiency sector worth \$10.18B in 2020*, URL: <https://www.energymanagertoday.com/report-global-industrial-energy-efficiency-sector-worth-10-18b-in-2020-0129395/>
- Encerticus, *D5.1.: National reports on energy certification of buildings SPAIN*, Europe in the Mediterranean, [http://www.med-encerticus.eu/uploads/files/373it-D5\\_1\\_1\\_National\\_reports\\_on\\_energy\\_certification\\_of\\_buildings\\_\\_\(SP\\_publish\).pdf](http://www.med-encerticus.eu/uploads/files/373it-D5_1_1_National_reports_on_energy_certification_of_buildings__(SP_publish).pdf)
- Encerticus, *D5.1.1: National reports on energy certification of buildings ITALY*, Europe in the Mediterranean, URL: [http://www.med-encerticus.eu/uploads/files/381it-D5\\_1\\_1\\_National\\_reports\\_on\\_energy\\_certification\\_of\\_buildings\\_\(IT\\_publish\).pdf](http://www.med-encerticus.eu/uploads/files/381it-D5_1_1_National_reports_on_energy_certification_of_buildings_(IT_publish).pdf)
- Episcopus, (2016), *IEE Project EPISCOPE Basic Idea*, URL: <http://episcopus.eu/welcome/>
- European Committee for standardization (2005), *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, EN ISO 7730, URL: <https://www.iso.org/standard/39155.html>



- European Committee for standardization, (2007), *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, EN 15251
- European Commission, (2011), *Commission Staff Working Paper: Energy Roadmap 2050*,  
URL:[http://ec.europa.eu/smartregulation/impact/ia\\_carried\\_out/docs/ia\\_2011/sec\\_2011\\_1565\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/smartregulation/impact/ia_carried_out/docs/ia_2011/sec_2011_1565_en.pdf)
- European Commission, (2015 β), *Energy Union Package: The Paris Protocol – A blueprint for tackling global climate change beyond 2020*, URL:[http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e27fdb4d-bdce-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0003.03/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e27fdb4d-bdce-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0003.03/DOC_1&format=PDF)
- European Commission, (2015 γ), *Smart cities and Communities: The European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities*, URL:  
<http://ec.europa.eu/eip/smartcities/>
- European Commission, (2016), *Regulation of the European Parliament and of the Council on the Governance of the Energy Union*, URL:  
[http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1\\_en\\_act\\_part1\\_v9\\_759.pdf](http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v9_759.pdf)
- European Commission, (2017 α), *2020 Climate and Energy Package*,  
URL:[ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_en](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en)
- European Commission, (2017 β), *2050 Energy Strategy*,  
URL:<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>
- European Commission, (2017 γ), *What is an SME?*, URL:  
[http://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition\\_en](http://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition_en)
- European Commission, (2017 γ), *Energy Union Factsheet: Why is the Commission proposing an Energy Union now? Why do we need an Energy Union?*,  
URL:[http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-15-4485\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-4485_en.htm)
- European Parliament, (2014), *Policy Department: Mapping smart cities in the EU*, URL:  
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE\\_ET\(2014\)507480\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)
- Geohive, (2013 α), *Population evolution: World 1950-2100*, URL:  
<https://archive.is/haX79#selection-1073.0-1080.0>
- Geohive, *Europe: Greece*, (2013 β), URL:  
<http://www.geohive.com/cntry/greece.aspx>
- Global Buildings Performance Network, *Spain*, URL:<http://www.gbnp.org/databases-tools/bc-detail-pages/spain#Values for New Buildings>
- Government 2020, (2015), *Smart Government*,  
URL:<http://www.government2020.de/blog/?p=1595>
- Herrera, F., Martínez, L., Sanchez, P.J., (2005), *Managing non-homogeneous information in group decision making*, European Journal of Operational Research, 166 (2005), 115–132
- IBM Institute for Business Value, (2009), *Executive Report: A vision of smarter cities*,

[URL:http://www31.ibm.com/solutions/cn/government/downloads/GBE03227USEN.PDF](http://www31.ibm.com/solutions/cn/government/downloads/GBE03227USEN.PDF)

- Independent, (2016), *Sweden's recycling is so revolutionary, the country has run out of rubbish*, URL:[http://www.independent.co.uk/environment/sweden-s-recycling-is-so-revolutionary-the-country-has-run-out-of-rubbish-a7462976.html?utm\\_source=facebook&utm\\_medium=qz&utm\\_campaign=qz](http://www.independent.co.uk/environment/sweden-s-recycling-is-so-revolutionary-the-country-has-run-out-of-rubbish-a7462976.html?utm_source=facebook&utm_medium=qz&utm_campaign=qz)
- Market Place of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities, (2016), *Integrated Infrastructures & Processes (including Open Data)*, URL:<https://eu-smartcities.eu/content/integrated-infrastructures-processes-including-open-data>
- Moneta, R., Varalda, G.M., Antinucci, M., Ragazzi, F., Avella, G., (2014), *Implementation of the EPBD in Italy, Status December 2014*, Concerted Action: Energy Performance of Buildings, URL:<http://www.epbd-ca.eu/outcomes/2011-2015/CA3-2016-National-ITALY-web.pdf>
- Portuguese Energy Agency (ADENE), (2016), *Implementing the Energy Performance of Building Directive (EPBD)*, Lisbon, (ISBN 978 -972- 8646- 32- 5)
- Roaf S., Nicol F., Humphreys M., Tuohy P., Boerstra A., (2010), *Twentieth century standards for thermal comfort: promoting high energy buildings*, Architectural Science Review, pp. 65-77
- Spiliotis, E., Anastasopoulos, G., Dede, P., Marinakis, V. Doukas, H., (2015), *A framework for integrating User Experience in Action Plan Evaluation through Social Media*, Proceedings of the 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA 2015), Corfu, Greece.
- Technavio, (2016), *Global industrial Energy Efficiency Services Market 2016-2020*, URL:[http://www.technavio.com/report/global-automation-global-industrial-energy-efficiency-services-market-2016-2020?utm\\_source=T4&utm\\_campaign=Media&utm\\_medium=BW](http://www.technavio.com/report/global-automation-global-industrial-energy-efficiency-services-market-2016-2020?utm_source=T4&utm_campaign=Media&utm_medium=BW)
- Teli, D., James, P.A.B., Jentsch, M.F., (2013), *Thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms*, Building Research & Information, pp. 301-316
- The Royal Academy of Engineering, (2012), *Smart infrastructure: the future*, URL:<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/smart-infrastructure-the-future>
- The World Bank, (2017), *The World Bank In Urban Development*, URL:<http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>
- United Nations, (2014), *2014 Revision: World Urbanization Prospects*, URL:<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>
- United Nations Commission on Science and Technology for Development, (2016), *Issues Paper: Smart Cities and Infrastructure*, URL:[http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/CSTD\\_2015\\_Issuespaper\\_Theme1\\_SmartCitiesandInfra\\_en.pdf](http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/CSTD_2015_Issuespaper_Theme1_SmartCitiesandInfra_en.pdf)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, (2014), *Population Facts: our Urbanizing World*, URL:[http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2014-3.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-3.pdf)

- Valencia Institute of Building, (2011), *Use of Building Typologies fore Energy Performance Assessment of National Building Stock*, URL: <http://episcope.eu/communication/download/>
- Wikipedia, (2017 α), *UN-Klimakonferenz in Bonn 2017*, URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz\\_in\\_Bonn\\_2017](https://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz_in_Bonn_2017)
- Wikipedia, (2017 β), *Thermanl Comfort*, URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_comfort](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort)
- Wikipedia, (2017 γ), *Savona*, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Savona#Geography>
- Wikipedia, (2017 δ), *Barcelona*, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barcelona#Geography>
- Woods, E., (2016, ), *How Smart Cities are Accelerating the Energy Transition*, URL: <https://www.environmentalleader.com/2016/02/how-smart-cities-are-accelerating-the-energy-transition/>
- World Economic Forum, (2015), *Expanding Participation and Boosting Growth: The Infrastructure Needs of the Digital Economy*, URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_DigitalInfrastructure\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_DigitalInfrastructure_Report2015.pdf)
- World Weather Online, *Historical Average Weather*, URL: <https://www.worldweatheronline.com/>
- Zomorodian, Z.S., Tahsildoost, M., Hafezi, M., (2016), *Thermal comfort in educational buildings: A review article*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 895-906

## Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγγελίδης Ζ., Παπαδοπούλου Π., Αθανασίου Χρ., επιμ., (2004), *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και τη Βιωσιμότητα*, Θεσσαλονίκη, Δ/νση Δ/θμιας Εκπ/σης Ανατ. Θεσ/νίκης
- Ευρωπαϊκή Ένωση, (2017), *Η ΕΕ ανά θέμα: Ενέργεια*, URL: [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_el](https://europa.eu/european-union/topics/energy_el), (last access 28/6/2017)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2012), *Έξυπνες πόλεις και κοινότητες-Ευρωπαϊκή σύμπραξη καινοτομίας*, URL: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2012/EL/3-2012-4701-EL-F1-1.PDF>
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (2015 α), *Δέσμη μέτρων για την Ενεργειακή Ένωση: Στρατηγική πλαίσιο για μια ανθεκτική Ενεργειακή Ένωση με μακρόπνοη πολιτική για την κλιματική αλλαγή*, URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:52015DC0080>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, (2016 α), *Θεματολογικά Δελτία για την ΕΕ: Ανανεώσιμες πηγές*

- Ενέργειας*, URL:[http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/el/displayFtu.html?ftuid=FTU\\_5.7.4.html9](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/el/displayFtu.html?ftuid=FTU_5.7.4.html9)
- Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, (2015), *Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής στην ΕΕ*, URL: <http://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/>, (last access 17/12/2015)
  - Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, (2016 α), *Ενεργειακή ένωση: ασφαλής, βιώσιμη, ανταγωνιστική και οικονομικά προσιτή ενέργεια για την Ευρώπη*, URL:<http://www.consilium.europa.eu/el/policies/energy-union/>, (last access 29/2/2016)
  - Εφημερίδα της Κυβερνήσεων, (2010), Τεύχος δεύτερο, Αρ. Φύλλου 407
  - Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, (2010), Τεύχος δεύτερο, Αρ. Φύλλου 1557
  - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, *Εξοικονόμησης Ενέργειας στον κτιριακό τομέα*, URL:[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ktiria\\_intro.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ktiria_intro.htm)
  - National Geographic, (2013), *Εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος: Κλιματική Αλλαγή*, Τόμος 2, URL:<https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-2-klimatik-i-allagi.pdf>
  - Οργανόπουλος, Ι, (2006), *Αειφορία-Αειφόρος ανάπτυξη: Αναγκαιότητα-ορισμοί*, URL:[http://users.sch.gr/organopoulos/genika/aeiforia\\_aeiforos\\_anaptyxi\\_organop\\_df](http://users.sch.gr/organopoulos/genika/aeiforia_aeiforos_anaptyxi_organop_df)
  - Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, (2015), *Δέσμη Μέτρων για την Ενεργειακή Ένωση: Στρατηγική πλαίσιο για μια ανθεκτική Ενεργειακή Ένωση με μακρόπνοη πολιτική για την κλιματική αλλαγή*, URL:<http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6594-2015-INIT/el/pdf>
  - Υδρία Cambridge Ήλιος, (1992), *Επίτομο Λεξικό της Δημοτικής Γλώσσας*, Τέσσερα Έψιλον, Αθήνα
  - Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, (2012), *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός: οδικός χάρτης για το 2050*, URL:<http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2012/04/energeiakos-sxediasmos.pdf>
  - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, (2017 α), *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, URL: <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>, (last access 2017)
  - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2017 β), *Κτίρια*, URL:<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=282&language=el-GR>, (last access 2017)
  - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος και Περιφερειακό Τμήμα Νομού Κέρκυρας του ΤΕΕ, (2009), *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων- κτίριο αναφοράς*, URL: [http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414\\_gaglia.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2414/m2414_gaglia.pdf)
  - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, (2011), *Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών: Εισαγωγή στον Τομέα της Ενέργειας*, Έκδ. Α', URL:<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE1Eisagogi%20stin%20energeia-final.pdf>

- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, (2014), *Εφαρμογή Κ.Εν.Α.Κ.*,  
URL:[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak)

## Παραρτήματα

**Πίνακας Π1** “Δεδομένα ερωτηματολογίου e-SCEAF πριν την εφαρμογή TCV και BEMAT”

ID	Πριν την Εφαρμογή των Εργαλείων TCV και BEMAT				
1.1	Ιταλία	Ιταλία	Ισπανία	Ισπανία	Ολλανδία
1.2	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Θέατρο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο
2.1	6,092	21,500	8,593	4,150	18,531
2.2	0	0	0	0	0
3.1	2,028	180	1,969	1,969	3,336
3.2	2,111	180	1,976	1,976	3,498
4.1	409	100	651	651	107
4.2	362	100	520	520	122
5.1	14	10	15	12	15
5.2	14	10	15	12	15
6.1	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο
6.2	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο
6.3	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο
7.1	12.21	12.21	20	20	20
7.2	0	0	0	0	0
8.1	20.09	20.09	20	20	20
8.2	0	0	0	0	0
9.1	28.53	28.53	20	20	20
9.2	0	0	0	0	0
10.1	42,396	1,173,000	1,221,954	508613	2,905,344
10.2	47,548	1,173,000	1,352,871	521207	3,004,100
11.1	582,266	1,400,000	0	698995/0	1,530,018
11.2	596,523	1,400,000	0	789369/0	1,856,818

12	20,005	94,000	22,506	0	0
13	454,321	2,400,000	27,700	27,700	326,146
14.1	11371/ 41396	155000/11800 0	193,343	99329/42484	163861/ 44535
14.2	10577 / 51807	155000/11800 0	193,772	99275/50525	163000/ 50525
15	0	141	0	0	0
16	0	179,000	0	0	0
17	1	0	3	2	6
18	1	1	4	0	2
19	0	0	0	0	0
20	0	1	3	1	3
21	0	2	1	0	0
22.1	0	0	2	0	0
22.2	0	0	0	0	0
23.1	1	1	1	1	1
23.2	1	2	2	2	2
24.1	1	1	Μη Διαθέσιμο (NA)	1	1
24.2	1	0	Μη Διαθέσιμο (NA)	1	2
25.1	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
25.2	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
26.1	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
26.2	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)

**Πίνακας Π2** “Δεδομένα ερωτηματολογίου e-SCEAF μετά την εφαρμογή TCV και BEMAT”

ID	Μετά την Εφαρμογή των Εργαλείων TCV και BEMAT				
1.1	Ιταλία	Ιταλία	Ισπανία	Ισπανία	Ολλανδία
1.2	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο	Θέατρο	Κτίριο γραφείων-Δημαρχείο
2.1	6,092	21,500	8,593	4,150	18,531
2.2	0	0	0	0	0
3.1	2,028	180	1,969	1,969	3,336
3.2	2,111	180	1,976	1,976	3,498
4.1	409	100	651	651	107
4.2	362	100	520	520	122
5.1	14	10	15	12	15
5.2	14	10	15	12	15
6.1	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο	Ηλεκτρισμός/ Φυσικό αέριο
6.2	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο
6.3	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο	άγνωστο/άγνωστο
7.1	12.21	12.21	20	20	20
7.2	0	0	0	0	0
8.1	20.09	20.09	20	20	20
8.2	0	0	0	0	0
9.1	28.53	28.53	20	20	20
9.2	0	0	0	0	0
10.1	26,448	1,024,049	1,221,954	461115.3	2,689,100
10.2	47,548	1,173,000	1,352,871	521207	3,004,100
11.1	311,183	1,259,736	0	698995/0	1,530,018
11.2	596,523	1,400,000	0	789369/0	1,856,818
12	20,005	123,600	22,506	0	0
13	1,031,581	3,032,880	27,700	287,050	431,151
14.1	7732.7/ 13341.6	138945/10372 8	193,343	92238.8/41003 .2	145234.1/ 50525



14.2	10577 / 51807	155000/11800 0	193,772	99275/50525	163000/ 50525
15	0	141	0	0	0
16	0	179,000	0	0	0
17	4	1	3	2	6
18	1	1	4	0	2
19	0	0	0	0	0
20	2	3	5	4	4
21	1	3	1	1	1
22.1	1	1	2	1	1
22.2	4	4	4	4	4
23.1	1	1	1	1	1
23.2	1	2	2	2	2
24.1	1	1	Μη Διαθέσιμο (NA)	1	1
24.2	1	0	Μη Διαθέσιμο (NA)	1	2
25.1	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
25.2	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
26.1	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)
26.2	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)	Μη Διαθέσιμο (NA)