



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

**Ανάπτυξη μοντέλου CityGML και ενσωμάτωση  
ενεργειακών δεδομένων σε αστική περιοχή**

---

**Διπλωματική Εργασία**

Τσαγγούρη Αικατερίνη

**Επιβλέπουσα : Δημοπούλου Έφη**

Αν. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα,

Ιούλιος 2015



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY  
OF ATHENS**  
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING  
ENGINEERING  
DEPARTMENT OF TOPOGRAPHY-  
CADASTRE

**Development of CityGML model and integration of  
energy data in a residential area**

---

**Diploma Thesis**

Tsaggouri Aikaterini

**Supervisor** : Dimopoulou Efi

Professor of NTUA

Athens,

July 2015

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

*Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Τοπογραφίας της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και σηματοδοτεί την ολοκλήρωση του κύκλου των προπτυχιακών μου σπουδών. Η εργασία αυτή αν και είναι αποτέλεσμα προσωπικής προσπάθειας, θα ήταν άδυνατη η εκπλήρωσή της χωρίς τη συμβολή προσώπων του ακαδημαϊκού χώρου και όχι μόνο. Για το λόγο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς :*

- Αρχικά, την αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ, κ. Έφη Δημοπούλου, για την προτροπή ενασχόλησης με το συγκεκριμένο θέμα και την καθοδήγηση και επίβλεψη της εργασίας μου.*
- Τον Υποψήφιο Διδάκτορ της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, κ. Λάμπρο Μανασή και τον Υποψήφιο Διδάκτορ της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, κ. Βαγγέλη Μαλτέζο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση στο ζήτημα ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίων.*
- Τον Διδάκτορ της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, κ. Τάσο Λαμπρόπουλο, για τις συμβουλές και την υποστήριξή του καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.*
- Την «Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε» (ΕΚΧΑ Α.Ε), για τα δεδομένα που μου διέθεσαν.*
- Τέλος, τους γονείς μου, τις αδερφές μου και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη, κατανόηση και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια....*



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	13
<b>1.ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</b> .....	15
<b>1.1Εθνικό Κτηματολόγιο</b> .....	15
1.1.1 Νομικό Πλαίσιο και βασικές έννοιες κτηματολογίου .....	16
1.1.2 Βασικές Αρχές Κτηματολογίου .....	19
1.1.3 Συστατικά Μέρη Εθνικού Κτηματολογίου .....	19
1.1.4 Στοιχεία Καταγραφής .....	21
1.1.5 Σύνταξη και Λειτουργία Κτηματολογίου .....	22
1.1.6 Τεχνικές Προδιαγραφές Κτηματογράφησης.....	23
<b>1.2 3D Κτηματολόγιο</b> .....	26
1.2.1 Ανάγκη δημιουργίας 3D Κτηματολογίου .....	28
1.2.2 Πλαίσιο και τεχνικές πτυχές 3D Κτηματολογίου.....	28
1.2.3 Είδη 3D Κτηματολογίου .....	29
1.2.4 Κατηγορίες που χρήζουν 3D καταγραφών .....	31
1.2.4.1 Επικαλυπτόμενοι Δήμοσιοι και Ιδιωτικοί Χώροι.....	31
1.2.4.3 Μη Συμβατική Ανάπτυξη Ακινήτων επί Γεωτεμαχίων .....	32
1.2.4.4 Ειδικά Ιδιοκτησιακά Αντικείμενα .....	32
<b>1.3 Εθνικό Κτηματολόγιο και Τρίτη Διάσταση</b> .....	33
<b>1.4Η Εξέλιξη των συστημάτων Κτηματολογίου</b> .....	35
1.4.1 Κτηματολόγιο 2014 .....	35
1.4.2 Land Administration Domain Model .....	37
1.4.3 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία INSPIRE .....	38
<b>1.5 Διεθνής Εμπειρία σε Θέματα 3D Κτηματολογίου</b> .....	42
1.5.1 Κτηματολόγιο Κίνας .....	42
1.5.2.1 Παραδείγματα που Χρήζουν 3D καταγραφής.....	43
1.5.1.2 Διαχείριση της ανάπτυξης της γης .....	46
1.5.1.3 Πλαίσιο εφαρμογής του 3D Κτηματολογίου .....	47
1.5.1.4 Συμπεράσματα .....	48

1.5.2 Κτηματολόγιο Αυστραλίας.....	49
1.5.2.1 3D Κτηματολόγιο Queensland .....	50
1.5.2.2 3D Κτηματολόγιο Victoria.....	52
1.5.2.3 Το 3D ePlan/LandXML Σύστημα Απεικόνισης.....	53
1.5.3 Κτηματολόγιο Ρωσικής Ομοσπονδίας.....	54
1.5.3.1 Δομή Ρωσικού Κτηματολογίου .....	55
1.5.3.3 Χαρακτηριστικά 3D Μοντέλου .....	59
1.5.3.4 Ανάπτυξη Προτύπου.....	60
<b>2. Η ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Σ.Γ.Π) .....</b>	<b>62</b>
2.1 Τρισδιάστατη (3D) Μοντελοποίηση .....	64
2.1.1 3D Γεωμετρικά Μοντέλα .....	64
2.1.2 3D Τοπολογικά Μοντέλα.....	65
2.1.3 3D Σημασιολογικά Μοντέλα.....	65
2.2 Τεχνικές 3D Μοντελοποίησης .....	66
2.2.1 Φωτογραμμετρικές Μέθοδοι.....	66
2.2.2 Μοντελοποίηση βάση εικόνων .....	67
2.2.3. Αυτόματη μοντελοποίηση.....	67
2.2.4 Παραμετρική Μοντελοποίηση.....	68
2.3 3D Μοντελοποίηση Στερεών .....	69
2.4 Τρόποι Συλλογής της Τρισδιάστατης Πληροφορίας.....	72
2.5 Σύγκριση G.I.S με CAD.....	73
2.6 3D Απεικόνιση .....	75
2.6.1 3D Απεικόνιση Πόλης .....	75
2.6.2 3D Απεικόνιση στο Κτηματολόγιο.....	76
<b>3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΛΗΣ .....</b>	<b>78</b>
3.1 CityEngine.....	78
3.1.1 Ροή Εργασιών στο CityEngine .....	80
3.1.2 Πλεονεκτήματα CityEngine.....	81
3.1.3 Μειονεκτήματα CityEngine.....	82
3.2 CityGML .....	83
3.2.1 Επίπεδα λεπτομέρειας (LODs ) .....	84
3.2.2 Σημασιολογικό Μοντέλο CityGML.....	86
3.2.3 Γεωμετρικό Μοντέλο CityGML.....	87

3.2.4 Τοπολογικό Μοντέλο CityGML .....	89
3.2.6 Χωρο-σημασιολογική Συνοχή .....	91
3.2.7 Επεκτασιμότητα .....	91
3.2.8 Σχέση με άλλα 3D Πρότυπα.....	92
3.2.8.1 BIM, IFC και CityGML.....	92
3.2.8.2 3D Γραφικά Υπολογιστών και Γεωαπεικόνιση/ X3D & KML.....	93
3.2.9 Εφαρμογές.....	93
4.ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	95
4.1 Ενεργειακές Ανάγκες Κτηρίων .....	95
4.1.1 Παραγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια.....	96
4.2 Κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια στην Ευρώπη και την Ελλάδα .....	97
4.3 Νομοθέσια περί Ενέργειας .....	100
4.3.1 Διεθνής Πολιτική.....	100
4.3.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική .....	102
4.3.3 Ελληνική ενεργειακή πολιτική.....	104
4.4 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ) .....	107
4.4.1 Διαχωρισμός κτηρίου σε θερμικές ζώνες .....	110
4.4.2 Συνθήκες Λειτουργίας Κτηρίου .....	111
4.4.3 Εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	111
4.4.4 Γεωμετρία του κτηρίου ή θερμικών ζωνών .....	112
4.4.5 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων κτηρίου .....	113
4.4.6 Αεροστεγανότητα κτηρίου.....	115
4.4.7 Συστήματα σκιασμού .....	115
4.4.8 Συστήματα θέρμανσης χώρων, ψύξης, μηχανικού αερισμού, Ζ.Ν.Χ .....	116
4.4.9 Σύστημα Φωτισμού.....	119
4.4.10 Διατάξεις αυτομάτου ελέγχου .....	119
4.4.11 Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού & θερμότητας - ΣΗΘ .....	119
4.4.12 Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – Α.Π.Ε.....	120
4.4.13 Συντήρηση & Αναγκαίες Επεμβάσεις.....	120
4.4.14 Απαιτούμενες Επεμβάσεις - Προτάσεις .....	121
4.5 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια .....	121
4.5.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	122
4.5.2 Πράσινα Κτήρια .....	123
4.5.2 Επιδοτούμενο Πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ'οίκον" .....	124

4.5.3 Εφαρμογή WWF για τον Υπολογισμό Ενεργειακού Αποτυπώματος Κτηρίου .....	126
<b>5. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>128</b>
<b>5.1 EIFER.....</b>	<b>130</b>
<b>5.2 Agent-Based Models.....</b>	<b>131</b>
5.2.1 ABM στον Τομέα της Ενέργειας .....	131
5.2.2 Πρώτη Προσέγγιση ABM.....	132
5.2.3 Δεύτερη Προσέγγιση ABM.....	134
5.2.4 Ροή Διαδικασιών Δημιουργίας ABM Ολοκληρωμένων Ενεργειακών Συστημάτων .....	135
5.2.5 Συμπεράσματα .....	136
<b>5.3 EeB(Energy efficient Building) .....</b>	<b>137</b>
<b>5.3.1 STREAMER .....</b>	<b>138</b>
5.3.1.1 Μεθοδολογία STREAMER.....	139
5.3.1.2 Συμπεράσματα .....	142
<b>5.4 Energy Atlas Berlin.....</b>	<b>143</b>
5.4.1 Εκτίμηση των Ενεργειακών Μεγεθών.....	146
5.4.1.1 Εκτίμηση Ενεργειακής Ζήτησης για Θέρμανσης.....	146
5.4.1.2 Εκτίμηση της Καθαρής Ενεργειακής Ζήτησης του Κτηρίου .....	147
5.4.2 Εκτίμηση της Ζήτησης για Ηλεκτρική Ενέργεια .....	149
5.4.2.1 Καθορισμός Δεδομένων Εισόδου .....	149
5.4.3 Εκτίμηση της Ζήτησης Ζεστού Νερού Χρήσης.....	150
5.4.4 Συμπεράσματα .....	151
<b>6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ .....</b>	<b>153</b>
<b>6.1 Περιοχή Μελέτης.....</b>	<b>153</b>
<b>6.2 Προσδιορισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.....</b>	<b>154</b>
6.2.1 Γενική Περιγραφή κτηρίου .....	155
6.2.2 Καθορισμός Θερμικών Ζωνών .....	156
6.2.3 Περιγραφή Γεωμετρίας και τεχνικών χαρακτηριστικών κτιριακού κελύφους .....	156
6.2.4 Περιγραφή Χαρακτηριστικών Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων ...	158
6.2.5 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων .....	159
<b>6.3 Σενάριο Γεωθερμίας για το σύνολο του Ο.Τ.....</b>	<b>161</b>
6.3.1 Γεωθερμική Ενέργεια.....	161



6.3.2 Εμπείρια στην χρήση Γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	165
6.3.3 Ενεργειακή Απόδοση Ο.Τ με τη Χρήση ΓΑΘ.....	166
6.4 Μετατροπή shp σε gml.....	169
6.5 Εισαγωγή gml Αρχείου στην 3D CityDataBase .....	173
6.6 Συμπεράσματα .....	177
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	178
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	183

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 α,β,γ : Χαρακτηριστικά Παραδείγματα που χρήζουν 3D καταγραφής.....	31
Εικόνα 1.2 : Η πολυεπίπεδη πραγματικότητα στην Σαντορίνη.....	32
Εικόνα 1.3 : α) Υπόσκαφο, β) Ανώγι.....	33
Εικόνα 1.4 : Βασικές οντότητες του LADM.....	37
Εικόνα 1.5 : Κάτοψη και τομές των συνδρασμένων 2D και 3D απεικονίσεων .....	38
Εικόνα 1.6 : Έννοιες Boundary face string .....	38
Εικόνα 1.7 : Ευρωπαϊκή Διαδικτυακή Πύλη Γεωπληροφορικής .....	40
Εικόνα 1.8 : Χάρτης παρουσίας της πόλης Shenzhen στην Κίνα .....	43
Εικόνα 1.9: α) Άποψη του Παζαριού , β) Πολύ –στρωματική Απεικόνιση των χρήσεων .....	44
Εικόνα 1.10 : α) Άποψη του Tanglangshan , β) Τομή της κατασκευής .....	45
Εικόνα 1.11 : Η αψίδα που ενώνει τα δύο κτήρια .....	45
Εικόνα 1.12: α) Απάσπασμα κτηματολογικού διαγράμματος, β) Τομή των δύο συνδεδεμένων κτηρίων.....	46
Εικόνα 1.13 : Τοπολογικό Κτήριο για τις 3D κατασκευές.....	48
Εικόνα 1.15 : Παραδείγματα 3D ογκομετρικών γεωτεμαχίων.....	50
Εικόνα 1.16 : Στιγμιότυπο του πρωτότυπου συστήματος .....	51
Εικόνα 1.17: Απεικόνιση υπόγειου χώρου στάθμευσης σε 3D PDF.....	52
Εικόνα 1.18 : α) Άποψη του QV Building, β) Απεικόνιση του QV Building στο DCDB της Victoria.....	52
Εικόνα 1.19 : Παράδειγμα 3D μοντέλου ακινήτου στο ePlan.....	54
Εικόνα 1.20 : Αποσπάσματα από την online διαδικτυακή πύλη και τα συναφή νομικά δικαιώματα .....	56
Εικόνα 1.21 : Άποψη του κτηρίου Teledom.....	57
Εικόνα 1.22 : Απόψη Συμπλέγματος Διαμερισμάτων .....	57
Εικόνα 1.23: Απόψη Συγκροτήματος " Nizhny Stolitsa" .....	58
Εικόνα 1.24 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Χάρτη όπου απεικονίζεται αγωγός ενδιάμεσης πίεσης .....	58
Εικόνα 1.24 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Χάρτη όπου απεικονίζεται αγωγός χαμηλής πίεσης .....	59
Εικόνα 1.25 : Κτήριο Teledom με τις διάφορες 3D μονάδες στο στάδιο της προετοιμασίας στο Google SketchUp.....	60

Εικόνα 1.26 : Απόσπασμα από την εφαρμογή του προτύπου .....	61
Εικόνα 2.1 : Ένωση, αφαίρεση, τομή στερεών .....	69
Εικόνα 2.2 : Ορισμός Αντικειμένου με Boundary representation (b-rep).....	70
Εικόνα 2.3 : Μέθοδος Primitive Instancing .....	70
Εικόνα 2.4 : Μέθοδος Sweep Representations.....	71
Εικόνα 2.5 : Μέθοδος Implicit Representation (Surfaces).....	72
Εικόνα 2.6 :3D Απεικόνιση Πόλης .....	76
Εικόνα 3.1 : Η ροή εργασιών στο πρόγραμμα. ....	80
Εικόνα 3.2 : Ροή δημιουργίας των οδικών δικτύων, οικοδομικών τετραγώνων και των τεμαχίων .....	80
Εικόνα 3.3: Επισκόπηση των μοτίβων δρόμων που χρησιμοποιούνται στο CityEngine .....	81
Εικόνα 3.4 : Επίπεδα λεπτομέρειας στο CityGML .....	85
Εικόνα 3.5 :Διάγραμμα UML γεωμετρικό μοντέλο CityGML .....	88
Εικόνα 3.6 : Εισαγωγή CityGML ADEs στο πρότυπο του CityGML .....	92
Εικόνα 4.1 : Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στα Κτήρια της Ευρώπης .....	97
Εικόνα 4.2 : Κατανομή της Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας στην Ελλάδα.....	98
Εικόνα 4.3 : Αριστερά παλαιότητα και δεξιά μόνωση Ελληνικού κτιριακού αποθέματος.....	98
Εικόνα 4.4 : Χάρτης Απεικόνισης Κλιματικών Ζωνών στην Ελλάδα .....	99
Εικόνα 4.5 : Παραδείγματα Πράσινων Κτηρίων.....	124
Εικόνα 4.5 : Αρχική σελίδα της εφαρμογής.....	127
Εικόνα 4.6 : α)Προσδιορισμός των συσκευών στην εφαρμογή , β) Παράθυρο Αποτελεσμάτων.....	127
Εικόνα 5.1 : Απεικόνιση της ζήτησης της θερμικής ενέργειας των κτηρίων κατοικιών για το Σενάριο Α.....	133
Εικόνα 5.2 : Μοντέλο πολλαπλών κλιμάκων με διασταυρούμενες κλίμακες αλληλεπιδράσεων. ....	134
Εικόνα 5.3 : Νοσοκομειακό συγκρότημα του NHS Ρόδερχαμ, Ηνωμένο Βασίλειο.....	140
Εικόνα 5.4 : Νοσοκομειακό συγκρότημα του Rijnstate Arnhem .....	140
Εικόνα 5.5 : Κτήριο είσοδος στο συγκρότημα του νοσοκομείου AOU Careggi .....	141
Εικόνα 5.6 : Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Salpêtrière – C. Foix .....	142
Εικόνα 5.7 : Διάγραμμα μοντέλου UML με EnergyADE.....	145
Εικόνα 5.8 : Τριασδιάστατη απεικόνιση κτηρίων με βάση την εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης.....	148
Εικόνα 5.9 : Χάρτης Απεικόνισης εκτιμώμενης ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κτήριο .....	150
Εικόνα 5.10 : Τρισδιάστατη Απεικόνιση της εκτιμώμενης ετήσιας ζήτησης Z.N.X (kWh/a) .....	151
Εικόνα 5.11 : Απόσπασμα από το 3D Energy Atlas Berlin.....	152
Εικόνα 6.1 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Διαγράμματος όπου απεικονίζεται η περιοχή μελέτης .....	153
Εικόνα 6.2 : Απόσπασμα από το περιβάλλον ArcGIS .....	154
Εικόνα 6.3 : Υπολογισμοί συντελεστών σκίασης από ορίζοντα .....	157
Εικόνα 6.4 : Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ .....	160
Εικόνα 6.5 : Ενεργειακή κατατάξη εξεταζόμενων κτηρίων.....	160
Εικόνα 6.6 : Κύρια μέρη συστήματος ΓΑΘ .....	162
Εικόνα 6.7 : Κατακόρυφος και Οριζόντιος Γεωθερμικός Εναλλάκτης.....	163
Εικόνα 6.8 : Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος.....	163

Εικόνα 6.9 : Υπόδειγμα Κτηρίου με παρεμβάσεις .....	166
Εικόνα 6.10 : Ενημέρωση του shp στο περιβάλλον ArcMap .....	170
Εικόνα 6.11 : Εισαγωγή CityGML χαρακτηριστικών στο περιβάλλον του FME.....	171
Εικόνα 6.12 : Διάγραμμα μετατροπής shp σε gml στο FME Workbench.....	172
Εικόνα 6.13 : Αναπαράσταση εξαγόμενου gml στο FME Data Inspector .....	172
Εικόνα 6.14 : Αναπαράσταση εξαγόμενου gml στο FZK Viewer .....	173
Εικόνα 6.15 : Δημιουργία Κενής Βάσης στο περιβάλλον pgAdmin II .....	174
Εικόνα 6.16 : Παράθυρο διαλόγου 3D DataBase Importer/Exporter.....	175
Εικόνα 6.17 : Επιλογή κτηρίου στο Google Earth και εμφάνιση των χαρακτηριστικών του .....	176
Εικόνα 6.18 : Επιλογή σημείου του Ο.Τ στο Google Earth και εμφάνιση των χαρακτηριστικών .....	176

### ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 : Συνολική πορεία κτηματογράφησης.....	26
Πίνακας 3.1 : Ακρίβεια των CityGML μοντέλων ανάλογα με το LOD.....	86
Πίνακας 4.1: Κατανομή των Νομών της Ελλάδας σε Κλιματικές Ζώνες.....	99
Πίνακας 4.2: Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με την χρήση τους.....	100
Πίνακας 4.3 : κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων .....	109
Πίνακας 4.4 : Κατηγορίες και κίνητρα ένταξης στο Πρόγραμμα Έξοικονόμηση Κατ'οίκον .....	125
Πίνακας 5.1 : Πίνακας προσδιορισμού συντελεστών θερμοπερατότητας για τα συστατικά του κτηρίου με βάση την ηλικία του.....	147
Πίνακας 6.1 : Αντιστοίχιση αριθμού A/A κτηρίων με την διεύθυνση τους.....	154
Πίνακας 6.2 : Πίνακας με το εκτιμώμενο έτος κατασκευής.....	155
Πίνακας 6.3 : Συντελεστές σκίασης από ορίζοντα .....	158
Πίνακας 6.4 : Ενεργειακές καταναλώσεις ενιαίου κτηρίου με τις δύο προσεγγίσεις.....	167
Πίνακας 6.5 : Ενεργειακές καταναλώσεις ενιαίου κτηρίου για την υφιστάμενη κατάσταση και το σενάριο Γεωθερμίας.....	168
Πίνακας 6.6 : Οικονομοτεχνική Μελέτη Σεναρίου Γεωθερμίας .....	169



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τον περιορισμό του χώρου λόγω της αστικοποίησης, γεννήθηκε η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός Κτηματολογικού Συστήματος καταγραφής του χώρου και των δικαιωμάτων του στις τρεις διαστάσεις (3D Κτηματολόγιο). Πιο συγκεκριμένα, τα ισχύοντα Κτηματολογικά Συστήματα των χωρών, έχουν αναπτυχθεί στις δύο διαστάσεις με αποτέλεσμα να μην είναι σε θέση να καταγράψουν την πολυπλοκότητα του χώρου και των δικαιωμάτων που κατανέμονται σε αυτόν. Αρκετή έρευνα έχει πραγματοποιηθεί γύρω από αυτό το ζήτημα, ενώ πολλές χώρες έχουν αναπτύξει πρότυπα 3D Κτηματολογίου και πειραματικές εφαρμογές, χωρίς κανένα από αυτά όμως να είναι πλήρες. Η έννοια του 3D Κτηματολογίου έχει καταστεί υλοποιήσιμη όσον αφορά την απεικόνιση, με την εισαγωγή της τρίτης διάστασης στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, καθώς η απεικόνιση των 3D αντικειμένων στον 3D ψηφιακό κτηματολογικό χάρτη έχει ιδιαίτερη σημασία για το 3D Κτηματολόγιο.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν πραγματοποιήσει τεράστια βήματα στην δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων. Κατά αυτό τον τρόπο, τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί μια πληθώρα τρισδιάστατων μοντέλων πόλης, αναπαριστώντας την πόλη με μεγάλη ακρίβεια. Η τελευταία εξέλιξη στα τρισδιάστατα μοντέλα πόλης ενσωματώνει στο γεωμετρικό - τοπολογικό μοντέλο σημασιολογικές πληροφορίες. Ένα τέτοιο παράδειγμα μοντέλου είναι το διεθνές πρότυπο CityGML, το οποίο εφαρμόζεται στο πρακτικό κομμάτι της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, η όξυνση της κλιματικής αλλαγής λόγω της αύξησης των εκπομπών CO<sub>2</sub> που οφείλονται στην κατανάλωση ενέργειας αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό ζήτημα. Τα κτήρια ευθύνονται για καταναλώσεις μεγάλων ποσών ενέργειας και για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται συντονισμένες προσπάθειες από τις κυβερνήσεις για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων και την ανάληψη μέτρων για τον περιορισμό του προβλήματος. Στα πλαίσια της βέλτιστης διαχείρισης των πόλεων, συνυπολογίζοντας και τον τομέα της ενέργειας, έχουν αναπτυχθεί μοντέλα έξυπνων πόλεων, τα οποία συνδυάζουν τις τρισδιάστατες απεικονίσεις των Γ.Σ.Π με δυναμικά ενεργειακά συστήματα.

Στην Ελλάδα, οι προσπάθειες για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο κτήρια εντάθηκαν με την νομοθέτηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων, το 2010. Επίσης, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας στηριζόμενο στο νόμο αυτό ανέπτυξε το λογισμικό TEE Κ.Εν.Α.Κ για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτηρίων.

Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιείται μια προσπάθεια συνδυασμού όλων των παραπάνω στοιχείων με στόχο την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου σημασιολογικού μοντέλου πόλης για ένα οικοδομικό τετράγωνο στην περιοχή του Χαλανδρίου στην Αθήνα. Για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Κτηματολόγιο Α.Ε και εφαρμόστηκε το λογισμικό TEE Κ.Εν.Α.Κ για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτηρίων. Το μοντέλο δομήθηκε βάσει του CityGML προτύπου και ενσωματώνει σε κάθε κτηριακό αντικείμενο την ενεργειακή του πληροφορία.

Ένα τέτοιο μοντέλο θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για την διαχείριση της πόλης, συνδυάζοντας το με το 3D Κτηματολόγιο. Με αυτόν τον τρόπο η γεωμετρική, τοπολογική, σημασιολογική πληροφορία των αντικειμένων θα βρίσκεται συγκεντρωμένη σε μια κοινή βάση με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο διαχειρίσιμη.

## ABSTRACT

Through the evolution of technology and the restriction of land due to Urbanization, the development of a 3D cadastral system that registers all rights was required. In particular, since the existing cadastral systems are two dimensional, the complexity of urban space and rights is not recorded and presented. Research concerning this issue has developed, while several countries implemented 3D Cadastre standards and experimental projects. The new technological tools in GIS environment along with the introduction of the 3<sup>rd</sup> dimension facilitated the introduction of the 3D Cadastre.

Innovative steps have been made in the field of Geographic Information Systems concerning the creation of three-dimensional city models. Recently several 3D city models have been developed, representing cities with high accuracy. The advances in 3D city models incorporate the geometric- topological model with semantic information. CityGML, an international standard, is such a model, which was used for the case study of this diploma thesis.

In addition, the exacerbation of climate change due to the increase of CO<sub>2</sub> emissions which are caused by energy consumption, is also a major environmental issue. Buildings are responsible for consuming large amounts of energy and governments are making concerted efforts in order to decrease their consumption and therefore the CO<sub>2</sub> emissions released in the atmosphere. Recent scientific projects, incorporates the three-dimensional city models with the dynamical energy systems in order to estimate and manage the energy consumption in buildings.

In Greece, efforts to reduce energy consumption in building stock were intensified with the legislating of the building energy efficiency law, K.Ev.A.K, 2010. Also, the Technical Chamber of Greece by supporting that law, developed the Tee K.En.A.K software for the estimation of building energy consumption.

In this case study, two 3D semantic models, one for buildings and one for the whole block, were developed for a city block in Halandri, Athens. Input data for the development of 3D models was taken from the Land Registry and the building energy consumption was estimated via TEE K.En.A.K. The models were produced as CityGML models, which also integrates energy information for each building. The aim of developing such models, is the knowledge and the management of building energy consumption in order to make sustainable cities. The integration of these kind of models into the 3D Cadastre of the city, would be aspiration for city management, due to the administration of geometric, topological and semantic information under a common base.





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και η έντονη αστικοποίησή του κατά την διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων έχει επιφέρει αλλαγές στον τρόπο χρήσης της γης. Πιο συγκεκριμένα, ο περιορισμός του χώρου έχει οδηγήσει στην δημιουργία πολυεπίπεδων και πολύπλοκων κατασκευών στις πόλεις. Αυτές οι πολύπλοκες δομές, δεν είναι σε θέση να καταγραφούν στα υφιστάμενα 2D Κτηματολογικά Συστήματα με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η διαχείριση τους. Η ανάπτυξη ενός 3D Κτηματολογίου Συστήματος όπου θα καταγράφεται ο χώρος και τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα στις τρεις διαστάσεις, αποτελεί λύση του προβλήματος και για αυτόν ακριβώς το λόγο πραγματοποιούνται εντατικές προσπάθειες για την ανάπτυξή του.

Η ανάπτυξη του 3D Κτηματολογίου, είναι εφικτή όσον αφορά την τρισδιάστατη απεικόνιση καθώς τα τελευταία χρόνια τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν αναπτύξει την τρισδιάστατη μοντελοποίηση δημιουργώντας εξελιγμένα μοντέλα πόλης.

Ένα ακόμη μείζον θέμα της διαχείρισης των πόλεων είναι οι μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας του κτιριακού τομέα, εκλύοντας τεράστια ποσά CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, εντείνοντας έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Προς την κατεύθυνση μείωσης των καταναλώσεων ενέργειας των πόλεων πραγματοποιούνται δράσεις τόσο σε διεθνές επίπεδο όσο και σε επίπεδο χωρών, θεσπίζοντας νόμους και αναπτύσσοντας μηχανισμούς για την διαχείριση των ενεργειακών δεδομένων των κτηρίων. Στα πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές τρισδιάστατων μοντέλων πόλης, τα οποία ενσωματώνουν την ενεργειακή πληροφορία κατανάλωσης των κτηρίων. Η παρούσα διπλωματική αποτελεί μια προσέγγιση των μοντέλων αυτών με βάσει τα δεδομένα και τις δυνατότητες που διατίθενται.

Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν δύο σημασιολογικά μοντέλα πόλης βάσει του CityGML προτύπου, ένα των κτηρίων ενός οικοδομικού τετραγώνου στο Χαλάνδρι και ένα που αποτελεί μια γενίκευση των κτηρίων του οικοδομικού αυτού τετραγώνου. Τα μοντέλα αυτά δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Κτηματολογίου και μετατρέποντας τα σε CityGML μορφή μέσω του λογισμικού FME, ενώ για τα ενεργειακά δεδομένα πραγματοποιήθηκαν ενεργειακές επιθεωρήσεις στα κτήρια μέσω του λογισμικού TEE K.Εν.Α.Κ.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η διάρθρωση των κεφαλαίων όπως προέκυψε στην εν λόγω μελέτη :

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στο Κτηματολογικό Σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, αναλύεται η έννοια του Κτηματολογίου, οι τρόποι σύνταξης του, η λειτουργία του, το θεσμικό πλαίσιο του και η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα. Ακόμη, αναλύεται η ανάγκη ανάπτυξης τρισδιάστατου Κτηματολογίου και περιγράφεται η διεθνής εμπειρία πάνω στην ανάπτυξη προτύπων και εφαρμογών 3D Κτηματολογίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται λόγος για την εξέλιξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών εισάγοντας την τρισδιάστατη μοντελοποίηση στην διαχείριση του χώρου. Αναλύονται οι μέθοδοι μοντελοποίησης και συλλογής δεδομένων, ενώ περιγράφεται η χρήση της 3D απεικόνιση στα πλαίσια της πόλης και στο Κτηματολόγιο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα χαρακτηριστικά του λογισμικού τρισδιάστατης απεικόνισης πόλης CityEngine και γίνεται εκτενής περιγραφή του πρότυπου σημασιολογικού μοντέλου πόλης CityGML.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στον τομέα της ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων και το πόσο αυτή επιδρά στην κλιματική αλλαγή. Ακόμη παρουσιάζεται η νομοθεσία σε διεθνές, ευρωπαϊκό και επίπεδο χώρας που αφορά την εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια, ενώ περιγράφεται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων ( Κ.Εν.Α.Κ) που εφαρμόζεται στη χώρα. Τέλος, γίνεται λόγος για την έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των πράσινων κτηρίων, ενώ επίσης παρουσιάζεται και μια διαδικτυακή εφαρμογή για τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος κτηρίου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι θεσμοί που έχει αναπτύξει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα. Ακόμη παρουσιάζονται υφιστάμενα τρισδιάστατα μοντέλα πόλης που έχουν ενσωματώσει την ενεργειακή πληροφορία. Εκτενής αναφορά γίνεται για το Energy Atlas Berlin.

Στο έκτο κεφάλαιο, περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση του πρακτικού τμήματος της μελέτης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν, η συλλογή των δεδομένων, οι παραδοχές που λήφθηκαν, η διαδικασία εκτίμησης των ενεργειακών καταναλώσεων και η διαδικασία δημιουργίας των δύο gml μοντέλων. Το ένα μοντέλο αποτελεί το κτηριακό μοντέλο του οικοδομικού τετραγώνου σε επίπεδο λεπτομέρειας 1, ενώ το δεύτερο είναι σε επίπεδο λεπτομέρειας 0 και αποτελεί μια προσομοίωση του συνόλου των κτηρίων του οικοδομικού τετραγώνου. Για το τελευταίο, θεωρήθηκε επίσης και ένα σενάριο χρήσης της γεωθερμίας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Τέλος, περιγράφονται τα συμπεράσματα από την όλη εφαρμογή και προτείνονται πιθανές χρήσεις προϊόντος.

## 1.ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Η ραγδαία αύξηση της πυκνότητας του πληθυσμού σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η γη αποτελεί πεπερασμένο μέγεθος, έφερε στο προσκήνιο το ζήτημα της διαχείρισης γης. Πιο συγκεκριμένα, η γη αποτελεί πολύτιμο αγαθό για τον άνθρωπο καθώς δεν είναι ανανεώσιμη, μπορεί να του προσφέρει πρόσοδο, ενώ κάθε τμήμα γης είναι μοναδικό, αφού συγκεντρώνει τα εξής χαρακτηριστικά : μοναδική γεωγραφική θέση, μορφολογία- ανάγλυφο, αλλά και ιδιοκτησιακά δικαιώματα που αφορούν τις ευθύνες και τους περιορισμούς που επιβάλλονται σε αυτό. Για τους παραπάνω λόγους, δημιουργήθηκε η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός συστήματος, στο οποίο θα αποσαφινίζονται πλήρως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ιδιοκτησιακά δικαιώματα κάθε κομματίου γης. Το σύστημα αυτό είναι το Κτηματολόγιο, ο ορισμός του οποίου σύμφωνα με τη Διεθνή Ομοσπονδία Τοπογράφων παρουσιάζεται παρακάτω :

«Το Κτηματολόγιο είναι ένα συνεχώς ενημερωμένο σύστημα πληροφοριών γης το οποίο έχει ως βάση αναφοράς το ακίνητο και περιέχει μητρώα με τα συμφέροντα στη γη (π.χ. τα δικαιώματα, τους περιορισμούς και τις ευθύνες). Συνήθως περιλαμβάνει μία γεωμετρική περιγραφή των ακινήτων συνοδευόμενα από άλλα αρχεία που περιγράφουν τη φύση των συμφερόντων αυτών, την κυριότητα ή τον έλεγχο των εν λόγω συμφερόντων, και συχνά την αξία του ακινήτου και τις βελτιώσεις του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φορολογικούς σκοπούς (π.χ. αποτίμηση και δίκαιη φορολόγηση), για νομικούς σκοπούς (μεταβιβάσεις), για να βοηθήσει στη διαχείριση της χρήσης γης (π.χ. για το σχεδιασμό και άλλους διοικητικούς σκοπούς), και επιτρέπει την αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος».

Με λίγα λόγια, το κτηματολόγιο είναι ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System GIS), βασισμένο στην καταγραφή της ιδιοκτησίας με αναπτυξιακό χαρακτήρα καθώς συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη και αποτελεί πολύ καλό υπόβαθρο για την διεξαγωγή έργων υποδομής. Ακόμη, διασφαλίζει τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, αφού ενισχύει τους τίτλους ιδιοκτησίας και παρέχει ανά πάσα στιγμή επικαιροποιημένη πληροφορία σχετικά με αυτά.

Το Κτηματολόγιο χρησιμοποιείται ως αναπτυξιακό εργαλείο από τις κυβερνήσεις των χωρών, σε διάφορες μορφές ανάλογα με το θεσμικό, νομικό και τεχνικό πλαίσιο που ισχύει σε καθεμία από αυτές.

### 1.1Εθνικό Κτηματολόγιο

Στην Ελλάδα η μελέτη, σύνταξη και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου πραγματοποιείται από την εταιρία «Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.» (ΕΚΧΑ Α.Ε), έτσι όπως μετονομάστηκε η «Κτηματολόγιο Α.Ε» μετά την κατάργηση του «Οργανισμού Κτηματολογίου και Χαρτογράφησης Ελλάδας»(Ο.Κ.Χ.Ε). Το Ελληνικό Δημόσιο αποτελεί τον μοναδικό μέτοχο της ΕΚΧΑ Α.Ε, ενώ η επιτήρησή της πραγματοποιείται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).

Το Εθνικό Κτηματολόγιο αποτελεί ένα σύστημα νομικών, τεχνικών και άλλων πρόσθετων πληροφοριών για όλα τα ακίνητα της επικράτειας, οργανωμένο σε κτηματοκεντρική βάση. Οι πληροφορίες αυτές αποσκοπούν στον ακριβή καθορισμό των ορίων των ακινήτων, και στην δημοσιότητα στα κτηματολογικά βιβλία των

εγγραπτέων δικαιωμάτων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κάποιοι από τους κυριότερους λόγους για την σύνταξη Κτηματολογίου στην Ελλάδα :

- Η καταγραφή της ιδιωτικής ακίνητης περιουσίας σε όλη τη χώρα.
- Η ανάγκη καταγραφής και προστασίας της δημόσιας ακίνητης περιουσίας καθώς και ευαίσθητων τμημάτων της χώρας όπως τα δάση, οι αιγιαλοί, οι βιότοποι κλπ.
- Η δυνατότητα επιβολής διαφόρων φορολογιών επί της ακίνητης ιδιοκτησίας (φόρος ακίνητης περιουσίας, Τ.Α.Π., έκτακτες εισφορές, ειδικά τέλη, κλπ.).
- Η δυνατότητα χάραξης και εφαρμογής διαφόρων ειδών πολιτικής επί της γης (χωροταξικής, οικιστικής, αγροτικής, χρήσεων γης κλπ.).
- Η διασφάλιση της δημόσιας πίστης στις συναλλαγές επί των ακινήτων.

### 1.1.1 Νομικό Πλαίσιο και βασικές έννοιες κτηματολογίου

Στην Ελλάδα για πρώτη φορά το 1836 από τον Βασιλιά Όθωνα, έγινε προσπάθεια εισαγωγής του θεσμού του κτηματολογίου με το Διάταγμα 'Περί Κτηματολογίων', θέλοντας να ενισχύσει τον ενυπόθηκο δανεισμό των υπηκόων του μέσα από την εγγραφή όλων των ακινήτων σε δημόσια βιβλία. Στα χρόνια που ακολούθησαν, οι διάφορες κυβερνήσεις που ανέλαβαν την χώρα, εξέδιδαν νόμους και προεδρικά διατάγματα περί κτηματολογίου χωρίς συνοχή και χωρίς να ορίζουν τη θεσμοθέτησή του.

Σήμερα, η λειτουργία του Ελληνικού Κτηματολογίου ορίζεται από το Άρθρο 24§2 εδ. γ' του Συντάγματος, με βάση το οποίο καθιερώνεται ως υποχρέωση του Κράτους η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου. Το θεσμικό πλαίσιο για τη σύνταξη και τήρηση του Εθνικού Κτηματολογίου συγκροτείται από δύο βασικά νομοθετήματα.

Το ένα αφορά την κτηματογράφηση και διέπεται από το νόμο 2308/1995 «Κτηματογράφηση για την δημιουργία του Εθνικού Κτηματολογίου και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ'/114/15-6-1995). Ο νόμος περιλαμβάνει την κήρυξη των υπό κτηματογράφηση περιοχών, τις δηλώσεις εγγραπτέων δικαιωμάτων, τη σύνταξη προσωρινών κτηματολογικών διαγραμμάτων, τη διαδικασία της πρώτης ανάρτησης των ενστάσεων, την αναμόρφωση διαγραμμάτων και πινάκων, τη διαδικασία της δεύτερης ανάρτησης, τη δημιουργία, σύνταξη και λειτουργία των πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων επιτροπών εξέτασης ενστάσεων, τη διαδικασία περαίωσης της κτηματογράφησης και τη δημιουργία των πρώτων εγγραφών. Ενώ το άλλο αφορά την τήρηση και λειτουργία του Κτηματολογίου και διέπεται από τον νόμο 2664/1998 «Εθνικό Κτηματολόγιο και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ'/275/3-12-1998). Ο νόμος αυτός, περιλαμβάνει το αντικείμενο των κτηματολογικών εγγραφών, τη δαπάνη εγγραφής, τη διαδικασία πρώτων εγγραφών, τις αμφισβητήσεις, την οριστικοποίηση πρώτων εγγραφών, τα έννομα αποτελέσματα, τις περιερχόμενες ιδιοκτησίες στο δημόσιο, τα ακίνητα με την οριστικοποίηση των πρώτων εγγραφών, τη δομή των Κτηματολογικών Βάσεων και των κτηματολογικών φύλλων, τις καταχωρημένες πράξεις, το μαχητό τεκμήριο ακρίβειας των κτηματολογικών εγγραφών και τη δημόσια πίστη, τη διαδικασία εγγραφών, τη διόρθωση κτηματολογικών στοιχείων και τη δημοσιότητα αυτών, τη μετάβαση από το σύστημα μεταγραφών και υποθηκών στο σύστημα του Ε.Κ., τους δασικούς χάρτες και τη διαδικασία αναγνώρισης της δασικής περιουσίας.

Στην συνέχεια οι νόμοι αυτοί, σε μια προσπάθεια κάλυψης και αποσαφίνισης όλων των πτυχών του θεσμού του κτηματολογίου, τροποποιήθηκαν διαδοχικά από τους παρακάτω νόμους:

- Ν. 2508/1997 «Βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη των πόλεων και οικισμών της χώρας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ΄/124/13-6-1997),
- Ν.3208/2003 «Προστασία των δασικών οικοσυστημάτων , κατάρτιση δασολογίου , ρύθμιση εμπραγμάτων δικαιωμάτων επί δασών και δασικών εν γένει εκτάσεων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ΄/303/24-12-2003),
- Ν.3127/2003 «Τροποποίηση και συμπλήρωση των νόμων 2308/95 και 2664/98 και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ΄/67/19-3-2003),
- Ν.3212/2003 «Άδεια δόμησης, πολεοδομικές και άλλες διατάξεις θεμάτων αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων» (ΦΕΚ τΑ΄/308/31-12-2003),
- Ν.3481/2006 « Τροποποιήσεις στη νομοθεσία για το Εθνικό Κτηματολόγιο, την ανάθεση και εκτέλεση συμβάσεων έργων και μελετών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ τΑ΄/162/2-8-2006) και
- Ν.4164/2013 «Συμπλήρωση των διατάξεων περί Εθνικού Κτηματολογίου και άλλες ρυθμίσεις» (ΦΕΚ τΑ΄/156/9-07-2013)

Παρακάτω δίνονται οι ορισμοί των βασικών εννοιών που εμπεριέχονται στο σύστημα του Εθνικού Κτηματολογίου:

ο *Γεωτεμάχιο*

Ως γεωτεμάχιο ορίζεται το συνεχόμενο τμήμα γης που αποτελεί ένα ενιαίο και αυτοτελές ακίνητο και μπορεί να ανήκει σε ένα ή περισσότερα πρόσωπα εξ αδιαιρέτου. Όπως ορίζεται από το Νόμο, η ιδιοκτησία σε ένα γεωτεμάχιο εκτείνεται στη στήλη του υπερκείμενου αέρα και του υποκείμενου εδάφους, με ορισμένες εξαιρέσεις όπως τα ορυχεία και τα μεταλλεία. Το γεωτεμάχιο αποτελεί το μοναδιαίο στοιχείο καταγραφής του Εθνικού Κτηματολογίου.

ο *Ακίνητο*

Ως ακίνητο ορίζεται ένα αυτοτελές και ενιαίο ιδιοκτησιακό αντικείμενο που ανήκει σε έναν ή περισσότερους συγκύριους. Ακίνητα θεωρούνται τα γεωτεμάχια, οι οριζόντιες, κάθετες και σύνθετες κάθετες ιδιοκτησίες, τα μεταλλεία καθώς και τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα.

ο *Εμπράγματα Δικαιώματα*

Ως εμπράγματα δικαιώματα θεωρούνται οι νομικές μορφές εξουσίασης του ανθρώπου επί των οικονομικών αγαθών, δηλαδή τα δικαιώματα που κατά τον κώδικα (Α.Κ. 973) παρέχουν εξουσία άμεση και κατά παντός επί του πράγματος. Τα εμπράγματα δικαιώματα είναι τα εξής :

- η κυριότητα, η υπό του νόμου αναγνωριζόμενη, άμεση και απόλυτη εξουσία επί πράγματος και για όλες τις χρήσεις που μπορεί αυτό να εξυπηρετεί
- οι δουλείες, το εμπράγματο δικαίωμα σε ξένο πράγμα που παρέχει μερική εξουσία υπέρ ορισμένων προσώπων ή υπέρ συγκεκριμένου πράγματος. Με τη σύσταση δουλείας προσωπικής ή πραγματικής αποσπάται μέρος από τις εξουσίες του κυρίου του πράγματος και περιέρχεται στον δικαιούχο της δουλείας

- το ενέχυρο, το εμπράγματο δικαίωμα σε ξένο κινητό πράγμα, που παρέχει στον ενεχυρούχο δανειστή την εξουσία να ικανοποιηθεί προνομιακώς από την αξία αυτού (Α.Κ. 1209). Το ενέχυρο μπορεί να συσταθεί και επί ιδανικού μεριδίου πράγματος είτε με σύμβαση είτε από το νόμο, και
- η υποθήκη, το εμπράγματο δικαίωμα σε ξένο (ως προς το δανειστή) ακίνητο για εξασφάλιση ορισμένης απαίτησης με προνομιακή ικανοποίηση του δανειστή από το ακίνητο (Α.Κ. 1257-1345). Για την απόκτηση υποθήκης απαιτείται τίτλος που να χορηγεί δικαίωμα για υποθήκη και εγγραφή στο βιβλίο υποθηκών.

ο *Οριζόντιες ιδιοκτησίες*

Οριζόντια ιδιοκτησία ή ιδιοκτησία κατά ορόφους είναι η χωριστή αποκλειστική και αυθύπαρκτη κυριότητα επί ορόφου οικοδομής ή διαμερίσματος ορόφου, με ορισμένο ποσοστό αναγκαστικής συνιδιοκτησίας στο έδαφος, τα κοινά και αδιαίρετα μέρη της οικοδομής.

ο *Κάθετες ιδιοκτησίες*

Κάθετη ιδιοκτησία ή συνιδιοκτησία είναι η χωριστή (διηρημένη, αποκλειστική) κυριότητα οικοδομής που είναι κτισμένη μαζί με άλλη ή άλλες στο ίδιο οικόπεδο, συνδυασμένη με συγκυριότητα στο οικόπεδο αυτό καθώς και στα κοινά μέρη των οικοδομών και με κοινωνία των δικαιούχων των επιμέρους κάθετων ιδιοκτησιών.

ο *Σύνθετες κάθετες ιδιοκτησίες*

Μια σύνθετη κάθετη ιδιοκτησία είναι η ιδιοκτησία ενός αυτοτελούς κατανεμημένου ακινήτου δηλαδή μιας οριζόντιας ιδιοκτησίας, σε ένα γεωτεμάχιο, όπου έχουν ήδη δημιουργηθεί κάθετες ιδιοκτησίες, με την ταυτόχρονη συνιδιοκτησία στο γεωτεμάχιο.

ο *Ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα*

Ο όρος ειδικό ιδιοκτησιακό αντικείμενο χρησιμοποιείται σε σχέση με τα δικαιώματα που προβλέπονται στα άρθρα 58 & 59 του Εισαγωγικού Νόμου του Αστικού Κώδικα που αναφέρεται στο δικαίωμα των φυτών, εκμετάλλευσης της επιφάνειας και τη χωριστή κυριότητα των φυτειών ή δέντρων ή κτηρίων. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να κατέχει ένα κτήριο ή μια φυτεία, διαφορετικό πρόσωπο από το πρόσωπο που κατέχει το γεωτεμάχιο πάνω στο οποίο βρίσκονται. Ιδιοκτησία σε κτήριο με αυτή τη νομική κατάσταση δεν σημαίνει συνιδιοκτησία στο γεωτεμάχιο.

ο *Ορυχεία*

Ένα άλλο ιδιοκτησιακό αντικείμενο που εκτείνεται κάτω από την επιφάνεια της γης και είναι ανεξάρτητο από το υπερκείμενο γεωτεμάχιο είναι τα ορυχεία. Η κυριότητα σε ένα ορυχείο παρέχει το δικαίωμα αναζήτησης και εκμετάλλευσης εξόρυξης μεταλλείων. Πρέπει να γίνει σαφές ότι η κυριότητα σε ένα ορυχείο, δεν υπονοεί κυριότητα στα αντίστοιχα γεωτεμάχια στην επιφάνεια της γης. Ωστόσο, η χρήση αυτών των γεωτεμαχίων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην παρεμποδίζει την εκμετάλλευση των μεταλλείων.

### 1.1.2 Βασικές Αρχές Κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο ως σύστημα προσδιορίζεται όπως φαίνεται και παραπάνω σε ένα θεσμικό πλαίσιο. Το θεσμικό αυτό πλαίσιο στηρίζεται σε ένα σύνολο κανόνων και αρχών με στόχο την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και την εξασφάλιση της απεικόνισης και αντιστοίχισης των εμπράγματων δικαιωμάτων με τα γεωτεμάχια.

Οι κανόνες αφορούν κυρίως τις διαδικασίες εγγραφής ή καταγραφής των κτηματολογικών μεταβολών. Αντίθετα, οι αρχές είναι αλληλοεξαρτώμενες και αλληλοσυμπληρούμενες και αναπτύσσουν και ενισχύουν την αποδεικτική ισχύ του κτηματολογίου. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι :

- *η αρχή της αποδεικτικότητας.* Αποτελεί τη θεμελιώδη αρχή λειτουργίας του συστήματος και σύμφωνα με αυτή κάθε εγγραφή ή καταγραφή θεωρείται ως νόμιμο αμάχητο τεκμήριο κατά παντός καλόπιστου τρίτου.
- *η αρχή της εγγραφής.* Σύμφωνα με αυτή, κάθε εμπράγματο δικαίωμα επί ακινήτου δεν μπορεί να συσταθεί, μεταβιβαστεί, αλλοιωθεί, καταργηθεί χωρίς να προηγηθεί η καταχώρηση του στο κτηματολογικό βιβλίο.
- *η αρχή της χρονικής προτεραιότητας.* Με βάση την αρχή αυτή, τηρείται η χρονική σειρά υποβολής των αιτήσεων για την εγγραφή των μεταβολών.
- *η αρχή της ακρίβειας.* Στα πλαίσια αυτής, κάθε καταχώρηση στα κτηματολογικά βιβλία θεωρείται κατά «νόμιμο αμάχητο τεκμήριο» ως ακριβής απέναντι σε κάθε καλόπιστο τρίτο. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η τυπική ακρίβεια των στοιχείων και κατά συνέπεια η δημόσια πίστη.
- *η αρχή της νομιμότητας.* Σύμφωνα με αυτή, η καταχώριση εμπράγματου δικαιώματος πραγματοποιείται αφού γίνει εξακρίβωση της νομιμότητας των στοιχείων που προσκομίστηκαν, για να διασφαλιστεί η ακρίβεια των καταχωρίσεων.
- *η αρχή της δημόσιας πίστης.* Με βάση αυτή προστατεύεται κάθε καλόπιστος συναλλασόμενος στηριζόμενος στις καταχωρίσεις του κτηματολογίου.
- *η αρχή της ειδικότητας.* Σύμφωνα με αυτή, ολοκληρώνεται η κατοχύρωση όσων συμμετέχουν ή πρόκειται να συμμετάσχουν στη σύσταση, μεταβίβαση, στην αλλοίωση ή στην κατάργηση ενός εμπράγματου δικαιώματος σε ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα ακίνητα.
- *η αρχή της δημοσιότητας.* Σύμφωνα με αυτή, η δημοσιότητα χρησιμοποιείται ως αποδεικτικό μέσο των καταχωρηθέντων εμπράγματων δικαιωμάτων και επίσης ως μέσο προστασίας του δικαιούχου απέναντι σε οποιονδήποτε επιτηδείο διεκδικητή του ακινήτου. Η δημοσιότητα των πληροφοριών του κτηματολογίου μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο για τις πληροφορίες που εγγράφονται στα κτηματολογικά βιβλία όσο και για τις πληροφορίες που απεικονίζονται στους κτηματολογικούς χάρτες.

### 1.1.3 Συστατικά Μέρη Εθνικού Κτηματολογίου

Το Κτηματολόγιο αποτελεί μια δημόσια και γενική καταγραφή κτηματολογικών πληροφοριών, που αφορούν τόσο με τα τεχνικά όσο και νομικά και οικονομικά στοιχεία των ιδιοκτησιών. Το μοναδιαίο στοιχείο αναφοράς είναι το γεωτεμάχιο και για αυτό συλλέγονται και καταγράφονται γραφικές και περιγραφικές πληροφορίες. Οι περιγραφικές πληροφορίες περιγράφουν το ιδιοκτησιακό καθεστώς και κάθε εμπράγματο δικαίωμα του γεωτεμαχίου ενώ οι γραφικές, περιλαμβάνουν τη

γεωμετρική περιγραφή και τη γεωγραφική απεικόνιση των κωδικοποιημένων αριθμητικά ιδιοκτησιών σε διάγραμμα.

Το Κτηματολόγιο αποτελείται από τα εξής συστατικά μέρη : τα κτηματολογικά βιβλία, τους κτηματολογικούς πίνακες, τους κτηματολογικούς χάρτες και τον κτηματολογικό αριθμό .

- Τα Κτηματολογικά Βιβλία είναι αρχεία είτε σε αναλογική, είτε σε ψηφιακή μορφή, υπό μορφή μιας βάσης δεδομένων και περιέχουν όλες τις περιγραφικές πληροφορίες, που αφορούν στα ακίνητα. Συγκεκριμένα, καταγράφονται πληροφορίες που αφορούν στις πρώτες εγγραφές των εμπράγματων δικαιωμάτων με τις μεταβολές που έχουν υποστεί, πληροφορίες σχετικά με το πρόσωπο ή τα πρόσωπα, στα οποία αντιστοιχούν τα δικαιώματα και διάφορα άλλα πρόσθετα στοιχεία, που μπορεί να συνοδεύουν το ακίνητο, όπως πληροφορίες θέσης, αριθμητικές, τεχνικές, οικονομικές κ.τ.λ.. Οι πληροφορίες των κτηματολογικών βιβλίων συνήθως δεν περιλαμβάνονται στον κτηματολογικό χάρτη, αλλά υπάρχουν και εξαιρέσεις. Για παράδειγμα, αναφέρονται πληροφορίες για το εμβαδό του γεωτεμαχίου ή το είδος της κατασκευής του υπάρχοντος κτηρίου ή τη νομιμότητα των υφιστάμενων βελτιώσεων (κτηρίων ή εγκαταστάσεων).
- Ο Κτηματολογικός πίνακας , περιλαμβάνει σε πινακοποιημένη μορφή όλες τις μη γραφικές πληροφορίες ενός ακινήτου ή ενός δικαιώματος και έχει όλες ή τις περισσότερες πληροφορίες των κτηματολογικών βιβλίων. Οι κτηματολογικοί πίνακες είναι προσωρινά αρχεία καταγραφής των εμπράγματων δικαιωμάτων.
- Οι Κτηματολογικοί χάρτες είναι διαγράμματα, που απεικονίζουν γεωμετρικά και γεωγραφικά τα γεωτεμάχια, περιλαμβάνοντας τα κτήρια και τις εγκαταστάσεις που πιθανόν να έχουν δομηθεί σε αυτά όπως επίσης και τους κοινόχρηστους χώρους τους. Πιο συγκεκριμένα, ο κτηματολογικός χάρτης απεικονίζει κάθε τμήμα της φυσικής γήινης επιφάνειας σε συγκεκριμένη κλίμακα και σε ενιαίο σύστημα αναφοράς, περιλαμβάνοντας ταυτόχρονα τα εμπράγματα δικαιώματα που ακολουθούν κάθε γεωτεμάχιο. Στην ουσία ο κτηματολογικός χάρτης αποτελεί μια τοπογραφική απεικόνιση που αντιστοιχεί τις γεωγραφικές πληροφορίες με τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα σε επίπεδο γεωτεμαχίου.
- Ο Κτηματολογικός Αριθμός είναι μοναδικός για κάθε γεωτεμάχιο και χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των γεωτεμαχίων και των ακινήτων ώστε να καταχωρούνται και να ανακτούνται πληροφορίες από το σύστημα του κτηματολογίου. Ο κτηματολογικός αριθμός δεν αλλάζει ούτε επηρεάζεται από τυχόν μεταβολές στοιχείων του, συνδέοντας αμφιμονοσήμαντα τις πληροφορίες των κτηματολογικών βιβλίων με αυτές των κτηματολογικών χαρτών. Ο κτηματολογικός αριθμός εκφράζεται με αριθμό και μπορεί να είναι διοικητικός ή περιγραφικός. Οι διοικητικοί εξαρτώνται από τα διοικητικά όρια της χώρας και έτσι αποκτάται άμεση εποπτική εικόνα της θέσης του ακινήτου (προϋποθέτοντας πως υπάρχει διαχρονικά σταθερή διοικητική ιεράρχηση), ενώ οι περιγραφικοί προσδιορίζονται με τη μετάβαση από τμήμα χάρτη σε τμήμα χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας και δε δίνουν άμεσα την εικόνα που απαιτείται για τη θέση του ακινήτου. Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στο Εθνικό κτηματολόγιο, ο κτηματολογικός αριθμός είναι διοικητικός και αναφέρεται ως Κωδικός Αριθμός Εθνικού Κτηματολογίου ή ΚΑΕΚ εν



συντομία. Αποτελείται από τουλάχιστον δώδεκα ψηφία, ενώ μπορεί να φτάσει και τα δέκα-έξι αν πρόκειται για οριζόντιες ιδιοκτησίες, με κάθε ένα από τα ψηφία του να δηλώνει κάποια πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα, τα δύο πρώτα ψηφία αντιστοιχούν στο Νομό, τα δύο επόμενα ψηφία στο Δήμο ή Κοινότητα, τα δύο επόμενα ψηφία στον τομέα του κάθε Δήμου, τα επόμενα δύο στο οικοδομικό τετράγωνο (Ο.Τ.) και, τα τρία επόμενα στον αριθμό του οικοπέδου (ή γεωτεμαχίου). Αν πρόκειται για οριζόντιο ιδιοκτησία (διαμέρισμα, γραφείο ή κατάστημα) τότε προστίθενται στον Κ.Α.Ε.Κ. τέσσερα ακόμη ψηφία: τα δύο επόμενα στον αύξοντα αριθμό του κτηρίου (πολυκατοικίας) και τα δύο τελευταία στον όροφο και τη θέση της συγκεκριμένης οριζόντιας ιδιοκτησίας.

#### 1.1.4 Στοιχεία Καταγραφής

Όπως προαναφέρθηκε, το κτηματολόγιο αποτελεί ένα σύστημα καταγραφής και διαχείρισης πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές διακρίνονται σε περιγραφικές, οι οποίες καταχωρούνται στα Κτηματολογικά Βιβλία και σε γραφικές, οι οποίες απεικονίζονται στους Κτηματολογικούς χάρτες.

Οι περιγραφικές πληροφορίες περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία :

- Τα πλήρη στοιχεία του προσώπου ή των προσώπων, στα οποία αντιστοιχούν τα κάθε μορφής εμπράγματα δικαιώματα, που έχουν καταχωρηθεί για κάθε συγκεκριμένο ακίνητο
- Οι νομικές πληροφορίες, όπως οι πρώτες εγγραφές, τα οριστικά εμπράγματα δικαιώματα και οι μεταγενέστερες μεταβολές για κάθε ακίνητο, αλλά και ο χρόνος δημιουργίας των γεωτεμαχίων
- Οι περιγραφικές πληροφορίες θέσης του ακινήτου και πληροφορίες σχετικές με τα αριθμητικά ή γεωμετρικά στοιχεία του ακινήτου, όπως το εμβαδό, τα ποσοστά τυχόν συνιδιοκτησίας, τα ποσοστά συμμετοχής του ακινήτου κ.τ.λ.
- Οι τεχνικές πληροφορίες, δηλαδή η χρήση της γης ή του ακινήτου γενικότερα και πληροφορίες σχετικές με την άδεια οικοδομής και το είδος των κατασκευών
- Οι οικονομικές πληροφορίες, δηλαδή η αγοραία αξία κάθε ακινήτου σε ορισμένο χρόνο, η φορολογητέα αξία της τελευταίας μεταβίβασης κ.τ.λ..

Για τις περισσότερες από τις παραπάνω πληροφορίες του κτηματολογικού βιβλίου, ελέγχεται η ορθότητα τους από το τεκμήριο της ορθότητας και της αποδεικτικής ισχύος, που δημιουργούν οι πρώτες εγγραφές και άρα οι μεταγενέστερες καταγραφές.

Οι γραφικές πληροφορίες αφορούν το γεωτεμάχιο και περιλαμβάνονται στον κτηματολογικό χάρτη. Σε αυτόν τα αυτοτελή ακίνητα που δημιουργούνται σε κάθε γεωτεμάχιο εμφανίζονται σε πρόσθετα διαγράμματα, όπως κατόψεις, τομές κ.τ.λ.. Οι γραφικές πληροφορίες σε ένα σύστημα κτηματολογίου μπορούν να διαχωριστούν και να απεικονιστούν σε διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών, με στόχο την καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Οι γραφικές πληροφορίες που είναι σχετικές με το γεωτεμάχιο περιλαμβάνουν τη γεωμετρική απεικόνισή τους και συγκεκριμένα τα εξής στοιχεία : τα όρια μεταξύ των όμορων γεωτεμαχίων και των κοινόχρηστων χώρων, τα ορόσημα, τις συντεταγμένες των κορυφών, τα υψόμετρα, την αρίθμηση των γεωτεμαχίων, το περίγραμμα και την αρίθμηση των κτηρίων, το εμβαδό, τις χρήσεις γης και τις χρήσεις των κτηρίων κ.τ.λ.. Επίσης, απεικονίζονται και στοιχεία του

περιβάλλοντα χώρου, όπως στοιχεία για το οικοδομικό τετράγωνο (Ο.Τ.), τους κοινόχρηστους χώρους, τον προσανατολισμό, τα όρια των περιοχών, τα σημεία ελέγχου των αποτυπώσεων, τα ονόματα των οδών και άλλες τοπογραφικές λεπτομέρειες.

### 1.1.5 Σύνταξη και Λειτουργία Κτηματολογίου

Η σύνταξη του κτηματολογίου μιας περιοχής ονομάζεται κτηματογράφηση και περιλαμβάνει τις εξής διαδικασίες :

- την καταγραφή των εμπράγματων ή άλλων εγγραπτών δικαιωμάτων που έχουν φυσικά ή νομικά πρόσωπα σε ακίνητα της περιοχής αυτής,
- τη σύνδεση των δικαιωμάτων με συγκεκριμένα ακίνητα, και
- τον προσδιορισμό και την οριοθέτηση των ακινήτων αυτών επί των κτηματολογικών διαγραμμάτων.

Η διαδικασία κτηματογράφησης ξεκινά με την κήρυξη μιας περιοχής ΟΤΑ υπό κτηματογράφηση (ήδη έχει κηρυχθεί ολόκληρη η επικράτεια) και ολοκληρώνεται με την έναρξη λειτουργίας του Κτηματολογικού Γραφείου στη συγκεκριμένη περιοχή. Τα στάδια κτηματογράφησης παρουσιάζονται επιγραμματικά σε αλληλουχία παρακάτω :

-Προετοιμασία χαρτογραφικών υποβάθρων κατάλληλων για τον εντοπισμό και την ορθή οριοθέτηση των ακινήτων.

-Υποβολή δηλώσεων ιδιοκτησίας από τους δικαιούχους στα Γραφεία Κτηματογράφησης και εντοπισμός των δηλούμενων ακινήτων επί των χαρτογραφικών υποβάθρων.

-Σύνταξη προσωρινών κτηματολογικών πινάκων και διαγραμμάτων με βάση τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί κατά τη διαδικασία της υποβολής δηλώσεων και έχουν τύχει επεξεργασίας από νομικούς και τοπογράφους, αλλά και τα στοιχεία και πληροφορίες που συλλέχθηκαν από άλλες υπηρεσίες ή με οποιοδήποτε άλλο πρόσφορο τρόπο.

-Ανάρτηση προσωρινών κτηματολογικών στοιχείων (πινάκων και διαγραμμάτων) στα Γραφεία Κτηματογράφησης και αποστολή αποσπασμάτων από τα στοιχεία αυτά στους δικαιούχους προς ενημέρωσή τους.

-Υποβολή ενστάσεων ενώπιον ανεξάρτητων διοικητικών επιτροπών ή αιτήσεων διόρθωσης κτηματολογικής εγγραφής κατά περίπτωση – από οποιονδήποτε έχει έννομο συμφέρον.

-Αναμόρφωση των κτηματολογικών στοιχείων μετά την εξέταση των ενστάσεων και των αιτήσεων διόρθωσης και σύνταξη των τελικών κτηματολογικών πινάκων και διαγραμμάτων. Οι εγγραφές που εμφανίζονται στους τελικούς κτηματολογικούς πίνακες ονομάζονται Αρχικές Εγγραφές, καθώς αποτελούν την πρώτη (αρχική) εγγραφή στο κτηματολόγιο.

-Εναρξη λειτουργίας Κτηματολογικού Γραφείου στη συγκεκριμένη περιοχή σε αντικατάσταση του παλαιού Υποθηκοφυλακείου.

Η ολοκλήρωση της κτηματογράφησης πραγματοποιείται κατά μέσο στην χρονική διάρκεια 3,5 με 4 έτων, από ιδιωτικά μελετητικά σχήματα τα οποία υλοποιούν το έργο υπό την επίβλεψη και την καθοδήγηση της ΕΚΧΑ Α.Ε.

Με την ολοκλήρωση της κτηματογράφησης ξεκινά η λειτουργία των κατά τόπους αρμόδιων Κτηματολογικών Γραφείων με ταυτόχρονη κατάργηση των αντίστοιχων Υποθηκοφυλακείων στις εν λόγω περιοχές.

Η λειτουργία του κτηματολογίου έγκυται στην τήρηση και ενημέρωση της νομικής πληροφορίας της κτηματολογικής βάσης (μεταβολές στα ιδιοκτησιακά δικαιώματα π.χ μεταβιβάσεις), που υλοποιείται από τα κατά τόπους αρμόδια μεταβατικά κτηματολογικά γραφεία υπό την εποπτεία και υποστήριξη της ΕΚΧΑ Α.Ε, και στην τήρηση και ενημέρωση των κτηματολογικών διαγραμμάτων (μεταβολές στην γεωμετρία των ακινήτων) που υλοποιείται κεντρικά από τις υπηρεσίες της εταιρείας. Οι μεταβολές (μεταβιβάσεις, αποδοχές κληρονομιάς, διορθώσεις, εγγραφές νέων βαρών κλπ) που συντελούνται επί των καταγεγραμμένων στο κτηματολόγιο δικαιωμάτων καταχωρούνται αποκλειστικά σε ένα ενιαίο, πλήρως μηχανογραφημένο σύστημα τήρησης της κτηματολογικής πληροφορίας (Σύστημα Πληροφορικής Εθνικού Κτηματολογίου - ΣΠΕΚ). Όλες οι παραπάνω διαδικασίες της λειτουργίας του κτηματολογίου συντελούν στην ενημέρωση και διαθεσιμότητα των πληροφοριών του συστήματος.

Με βάση τη νομοθεσία η τήρηση του κτηματολογίου πραγματοποιείται από τα κατά τόπους αρμόδια Κτηματολογικά Γραφεία, τα οποία αποτελούν υπηρεσίες του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής(ΥΠΕΚΑ). Βέβαια, μέχρι σήμερα δεν έχουν ιδρυθεί Κτηματολογικά Γραφεία. Τα κατά τόπους αρμόδια Υποθηκοφυλακεία λειτουργούν ως μεταβατικά Κτηματολογικά Γραφεία στους χώρους και με το καθεστώς λειτουργίας των Υποθηκοφυλακείων ως υπηρεσίες του Υπουργείου Δικαιοσύνης.

### 1.1.6 Τεχνικές Προδιαγραφές Κτηματογράφησης

Για την σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου πρέπει να προσδιοριστούν οι τεχνικές προδιαγραφές των μελετών κτηματογράφησης. Αυτές αποφασίζονται και εγκρίνονται από το Δ.Σ. του ΕΚΧΑ Α.Ε και δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ενώ περιλαμβάνουν το σύνολο των εργασιών κτηματογράφησης και καθορίζουν τον τρόπο διεξαγωγής τους. Οι προδιαγραφές θα πρέπει πάντα να εναρμονίζονται με την ισχύουσα νομοθεσία αλλά και τεχνογνωσία καλύπτοντας τις ανάγκες του κάθε προγράμματος κτηματογράφησης. Κατά αυτό τον τρόπο, για κάθε νέο πρόγραμμα κτηματογράφησης αναρτώνται νέες αναθεωρημένες τεχνικές προδιαγραφές. Παρόλα αυτά, όλα τα προγράμματα κτηματογράφησης έχουν μια κοινή βάση τεχνικών προδιαγραφών ώστε να εξασφαλίζεται η ενιαία δομή του συστήματος. Αρχικά, οι τεχνικές προδιαγραφές καθορίζουν ως σύστημα αναφοράς των κτηματολογικών χαρτών το ΕΓΣΑ. '87, που χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GRS80 και η χαρτογραφική προβολή της είναι εγκάρσια μερκατορική. Ακόμη, η σύνταξη των κτηματολογικών χαρτών σε αστικές περιοχές πραγματοποιείται σε κλίμακα 1:1000, στις αγροτικές περιοχές σε 1:5000, με την εξαίρεση κάποιων ειδικών περιπτώσεων όπου χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες κλίμακες και στους ορεινούς όγκους και στις δασικές περιοχές σε 1:10000.

Το βασικό χαρτογραφικό υπόβαθρο του Εθνικού Κτηματολογίου είναι οι ορθοφωτοχάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με ένα κοινό χάρτη, αλλά με επιπλέον το πλεονέκτημα της διατήρησης των ποιοτικών πληροφοριών που έχει η φωτογραφία. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, ο ορθοφωτοχάρτης να συμπληρωθεί με οποιεσδήποτε χαρτογραφικές πληροφορίες που έχει ένας κοινός χάρτης (οδικό δίκτυο, ισουψείς καμπύλες, ιδιοκτησίες, τοπωνύμια, αριθμούς ιδιοκτησιών κ.τ.λ.).

### 1.1.7 Υφιστάμενη Κατάσταση

Η Ελλάδα έχει συνολική έκταση 132.000 km<sup>2</sup>. Με βάση τα στατιστικά μοντέλα της εταιρείας, εκτιμάται ότι στη χώρα αναμένεται να υπάρχουν περί τα 37.792.315 δικαιώματα (εκτίμηση που προκύπτει από τα ήδη καταγεγραμμένα δικαιώματα, αυτά που έχουν προκηρυχθεί και αυτά που εκτιμώνται από στατιστικό μοντέλο που έχει αναπτυχθεί από την εταιρία).

Η πορεία του έργου σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου παρακολουθείται μέσω της έκτασης και του πλήθους των δικαιωμάτων που κτηματογραφούνται. Το πλήθος των δικαιωμάτων αποτελεί πιο χρήσιμο αριθμοδείκτη απ' ό,τι η έκταση, καθώς η χωρική κατανομή και ο βαθμός πυκνότητας της κτηματολογικής πληροφορίας σε κάθε περιοχή δεν είναι ανάλογα της έκτασης που καλύπτεται.

Το Εθνικό Κτηματολόγιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αναπτυξιακές υποδομές της χώρας, με αποτέλεσμα η ανάπτυξη του να αποτελεί βασικό μέλημα για την Ελληνική Πολιτεία, η οποία εντείνει τις προσπάθειές της για την ολοκλήρωση του μέχρι το 2020. Η Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση ΑΕ (Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε.) έχει την αρμοδιότητα σύνταξης του Εθνικού Κτηματολογίου, υποστήριξης της λειτουργίας του καθώς και της κατάρτισης των Δασικών Χαρτών.

Το έργο ξεκίνησε το 1995 με μία σειρά πιλοτικών προγραμμάτων που έφεραν στο προσκήνιο τα προβλήματα και τις ιδιαιτερότητες που ανακύπτουν κατά τη σύνταξη του κτηματολογίου στη χώρα αλλά και στην μετέπειτα λειτουργία του. Στην πορεία ανάπτυξης του έργου, με την συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες σε όλες τις φάσεις του έργου η ΕΚΧΑ ΑΕ κατάφερε να θέσει βάσεις για την υλοποίηση του θεσμού, να επιταχύνει τις διαδικασίες και να βελτιώσει ποιοτικά το αποτέλεσμα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα συνοδά έργα τα οποία ενίσχυσαν τον θεσμό του Εθνικού Κτηματολογίου :

➤ Ανάπτυξη του Ελληνικού συστήματος εντοπισμού - HEPOS

Πρόκειται για 98 μόνιμους μόνιμους σταθμούς GPS (Global Positioning System) κατανομημένους σε όλη τη χώρα μέσω των οποίων παρέχονται δυνατότητες προσδιορισμού συντεταγμένων σημείων σε όλη την Ελληνική Επικράτεια με μεγάλη ακρίβεια γρήγορα και οικονομικά.

➤ Ψηφιοποίηση στοιχείων των διανομών και αναδασμών

Η δράση αυτή παρήγαγε μια ψηφιακή βάση δεδομένων με τα κτηματολογικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στους αναδασμούς και τις διανομές του Υπουργείου Ανάπτυξης και Τροφίμων

➤ Δημιουργία ενιαίων χαρτογραφικών υποβάθρων

Το χαρτογραφικό υπόβαθρο που παρήχθη από το έργο αυτό, αποτελεί το πληρέστερο, ακριβέστερο και πλέον πρόσφατο χαρτογραφικό υπόβαθρο που υφίσταται για τον

Ελληνικό χώρο τα τελευταία 20-30 χρόνια. Το υλικό αυτό ήδη υποστηρίζει πληθώρα υπηρεσιών της Δημόσιας Διοίκησης σε χαρτογραφικά δεδομένα, ενώ διατίθεται για δωρεάν θέαση ελεύθερα μέσω διαδικτύου (<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>).

➤ Οριοθέτηση Δασών & Δασικών Εκτάσεων

Πρόκειται για μια προκαταρκτική οριοθέτηση των δασών και των δασικών εκτάσεων με βάση αεροφωτογραφίες του 1945/1960 και μεταφορά σε πρόσφατα χαρτογραφικά υπόβαθρα για το σύνολο της χώρας. Το παραγόμενο προϊόν θα αποτελέσει ένα πρόδρομο προϊόν για την κατάρτιση του δασικού χάρτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Κτηματολόγιο Α.Ε. είναι ο μοναδικός φορέας που έχει καταρτίσει δασικούς χάρτες μέχρι σήμερα.

➤ Δημιουργία Χαρτογραφικού Υποβάθρου για τη Χάραξη Αιγιαλού

Αντίστοιχο πρόδρομο έργο καθορισμού για την χάραξη αιγιαλού σε όλη την επικράτεια.

➤ Ψηφιοποίηση των Κτηματολογικών Γραφείων Ρόδου και Κω - Λέρου

Το έργο αυτό αφορά στην προετοιμασία ένταξης του υπάρχοντος Κτηματολογίου Δωδεκανήσου στο Εθνικό Κτηματολόγιο.

➤ Βελτίωση του Συστήματος Πληροφορικής του Εθνικού Κτηματολογίου (Σ.Π.Ε.Κ)

Το ΣΠΕΚ είναι η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε για την ψηφιακή τήρηση και διαχείριση των περιγραφικών και χωρικών δεδομένων της κτηματογράφησης της χώρας. Το Σ.Π.Ε.Κ συγκεντρώνει και συνδυάζει ψηφιακά τη χωρική και τη νομική διάσταση των ιδιοκτησιών.

Με την ολοκλήρωση του έτους 2013, με βάση την έκθεση πεπραγμένων της ΕΚΧΑ ΑΕ για το έτος αυτό, η συνολική πρόοδος του έργου έχει ως εξής:

- Ολοκληρώθηκε η κτηματογράφηση και λειτουργεί κτηματολόγιο για το 20,1% των δικαιωμάτων της χώρας (~7.600.000 δικαιώματα).
- Βρίσκεται υπό εξέλιξη η κτηματογράφηση για το 20,3% των δικαιωμάτων της χώρας (~7.700.000 δικαιώματα)
- Βρίσκεται υπό εξέλιξη η διαγωνιστική διαδικασία για την ανάθεση έργων κτηματογράφησης για το 59,6% των δικαιωμάτων της χώρας (22.500.000 δικαιώματα).

Η συνολική πρόοδος της κτηματογράφησης της χώρας παρουσιάζεται αναλυτικότερα στον ακόλουθο πίνακα:

	Χαρακτηριστικά περιοχών Ανάπτυξη μοντέλου	ΟΤΑ* CityGML	Έκταση (σε στρ.) και ενσωμάτωση περιοχή	Ποσοστό έκτασης	Δικαιώματα	Ποσοστό δικαιωμάτων 2015	Κατάσταση
<b>1η γενιά κτηματογρά- φησης (1995-1999)</b>	Πόλινικά προγράμματα - διάσπαρτες περιοχές	340	8.255.252	6,25%	6.736.000	17,8%	Λειτουργεί Κτηματολόγιο
<b>2η γενιά κτηματογρά- φησης (2008)</b>	Υπόλοιπες Πρωτεύουσες Νομών - Δήμοι Αττικής & Θεσσαλονίκης (αστικές περιοχές)	16	3.046.608	2,31%	873.529	2,3%	Λειτουργεί Κτηματολόγιο
		91			7.167.880	19,0%	Σε φάση υλοποίησης*
	Πάρνηθα	11	490.834	0,37%	113.000	0,3%	Διαγωνιστική διαδικασία
<b>3η γενιά κτηματογρά- φησης (2011)</b>	Περιαστικές περιοχές	22	4.656.071	3,53%	102.913	0,3%	Σε φάση υλοποίησης
		246			2.472.206	6,5%	Διαγωνιστική διαδικασία
	Περιοχές αναδασμών (10 νομοί στο σύνολό τους)	127	29.572.810	22,40%	416.366	1,1%	Σε φάση υλοποίησης
		897			3.930.512	10,4%	Διαγωνιστική διαδικασία
<b>4η γενιά κτηματογρά- φησης (2013)</b>	Υπόλοιπη Χώρα	4.025	85.978.425	65,14%	15.979.909	42,3%	Διαγωνιστική διαδικασία
<b>Σύνολο χώρας</b>	<b>Σύνολα</b>	5.775	<b>132.000.000</b>	100,00%	<b>37.792.315</b>	100,0%	

Πίνακας 1.1 : Συνολική πορεία κτηματογράφησης

Πηγή : Έκθεση Πεπραγμένων ΕΚΧΑ Α.Ε 2013

### 1.2 3D Κτηματολόγιο

Στην Ελλάδα, το ισχύον Εθνικό Κτηματολόγιο βασίζεται στην διδιάστατη καταγραφή των ιδιοκτησιών με αποτέλεσμα να μην μπορεί να απεικονίσει επαρκώς όλα τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα στην σύνθετη πραγματικότητα της φυσικής γήινης επιφάνειας, των κατασκευών και των εμπράγματων δικαιωμάτων. Σήμερα, οι αυξημένες δυνατότητες της τεχνολογίας σε θέματα τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ανάλυσης και απεικόνισης του χώρου έχουν στρέψει το ενδιαφέρον στην ανάπτυξη του κτηματολογίου στις τρεις διαστάσεις. Ήδη υπάρχουν χώρες με αναπτυγμένα κτηματολογικά συστήματα που έχουν εφαρμόσει την τρισδιάστατη απεικόνιση σε

πρώιμο ή πειραματικό στάδιο όπως η Αυστρία, η Αυστραλία, η Γερμανία, οι Η.Π.Α, ο Καναδάς, το Ισραήλ, η Ολλανδία και άλλες χώρες.

Η καταγραφή και η διαχείριση της ιδιοκτησιακής πληροφορίας, στην Ελλάδα απεικονίζεται σε κτηματολογικούς χάρτες και διαγράμματα θεωρώντας ως μοναδικό επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο. Κάθε γεωτεμάχιο αποτελεί ένα τριών διαστάσεων ακίνητο αντικείμενο, τα δικαιώματα του οποίου, υλοποιημένα ή μη, εκτείνονται υπό, επί ή υπέρ της φυσικής γήινης επιφάνειας (Φ.Γ.Ε). Ακόμη, επί των γεωτεμαχίων λαμβάνουν χώρα βελτιώσεις, δηλαδή κτήρια ή άλλες εγκαταστάσεις, οι οποίες συνιστούν ένα ή περισσότερα αυτοτελή ή μη ακίνητα, τα οποία είναι αντικείμενα τριών διαστάσεων (3D). Στο Εθνικό Κτηματολόγιο και συγκεκριμένα στους Κτηματολογικούς Χάρτες απεικονίζονται οι ορθές προβολές των γεωτεμαχίων με τις τυχόν βελτιώσεις. Τα υψομετρικά χαρακτηριστικά των γεωτεμαχίων, όταν και αν περιλαμβάνονται, σημειώνονται με αναγραφή υψομέτρων σε χαρακτηριστικά σημεία όπως οι κορυφές τους είτε αποδίδονται με υψομετρικές καμπύλες, οι οποίες απεικονίζονται σε χωριστό επίπεδο πληροφοριών (layer). Ακόμη, στους κτηματολογικούς πίνακες αναγράφεται ο όγκος των ακινήτων που προκύπτει από το μέσο ύψος του κάθε ακινήτου. Επίσης, τα αυτοτελή εντός των γεωτεμαχίων ακίνητα, όταν αυτά δημιουργούνται νομικά ή πραγματικά, απεικονίζονται σε αντίστοιχα διαγράμματα κατόψεων, δηλαδή αποτυπώνονται οι ορθές προβολές αυτών. Κατά αυτό τον τρόπο, οι κτηματολογικοί χάρτες απεικονίζουν μόνον τις δύο διαστάσεις της τρισδιάστατης πληροφορίας, προδιορίζοντας τα γεωτεμάχια στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να αναπαριστάται το σύνολο των ακινήτων και των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων στον τρισδιάστατο χώρο.

Ως 3D Κτηματολόγιο μπορεί να οριστεί ένα σύστημα, που παρέχει πληροφορίες και επεκτείνεται σε χρήσεις, με στόχο την αξιοποίηση του υπόγειου και υπέργειου χώρου ενός γεωτεμαχίου, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα Κτηματολογίου μπορεί να λειτουργήσει, αφού πρώτα εναρμονιστεί πλήρως με το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο κτηματογράφησης της κάθε χώρας, είτε με τη διαμόρφωση ενός νέου νομικού πλαισίου.

Ένα 3D Κτηματολόγιο καταγράφει τα ακίνητα, τα οποία θεωρούνται ως τρισδιάστατες μονάδες ιδιοκτησίας (3D property units). Ειδικότερα καταγράφει τα τρισδιάστατα εμπράγματα δικαιώματα αντικειμένων (3D right-objects) και τα τρισδιάστατα φυσικά αντικείμενα (3D physical objects). Η καταγραφή των 3D right-objects είναι πιο εύκολη από την καταγραφή των 3D physical objects. Ένα 3D εμπράγματο δικαίωμα είναι η 3D αναπαράσταση ενός δικαιώματος σε ένα δισδιάστατο γεωτεμάχιο και αφορά σε μια 3D καταγραφή. Όλα τα επιμέρους 3D εμπράγματα δικαιώματα αντικειμένων, που είναι μέρος ενός μοναδικού αντικειμένου της φυσικής πραγματικότητας, μπορούν να ανευρεθούν στη βάση δεδομένων, αφού συνδέονται με το αντικείμενο αυτό μέσω του ίδιου κωδικού εγγραφής. Η καταγραφή των αντικειμένων της φυσικής πραγματικότητας απαιτεί μια τελειώς διαφορετική νέα αντίληψη και προσέγγιση. Σε αυτή την περίπτωση, τα 3D αντικείμενα αποτελούν τη βάση της κτηματολογικής καταγραφής και όχι τα δισδιάστατα γεωτεμάχια. Για να αποδειχθεί μια τέτοια καταγραφή και να καταστεί αδιαμφισβήτητη πρέπει να διαμορφωθεί και να εφαρμοστεί το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο. Πλεονέκτημα αυτής της καταγραφής, είναι ότι διατηρεί τις χωρικές και μη χωρικές πληροφορίες των αντικειμένων, οπότε μπορούν να γίνονται ερωτήσεις στο σύστημα και να δίνονται απαντήσεις με ακρίβεια.

### 1.2.1 Ανάγκη δημιουργίας 3D Κτηματολογίου

Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση της πολυπλοκότητας και του αριθμού των υποδομών όπως καλώδια σηράγγων και αγωγών για νερό, αποχέτευση, τηλεόραση και ηλεκτρικό ρεύμα, των υπόγειων χώρων στάθμευσης, των εμπορικών κέντρων, των κτηρίων πάνω από σήραγγες και άλλων περιπτώσεων κτηρίων σε συνδιασμό με την αύξηση των αξιών ακινήτων και την ανάπτυξη της τρίτης διάστασης στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) έχει ενισχύσει την ιδέα ανάπτυξης του 3D Κτηματολογίου.

Ένα δομούμενο περιβάλλον που εξελίσσεται συνεχώς και αναπτύσσεται με βάση ένα εξελισσόμενο νομικό πλαίσιο, δημιουργεί μια μη συμβατική και σύνθετη ανάπτυξη του χώρου. Ένα δισδιάστατο κτηματολόγιο δεν είναι σε θέση να καταγράψει την πολυπλοκότητα του χώρου και των δικαιωμάτων που κατανέμονται σε αυτόν. Αυτό συμβαίνει καθώς το 2D Κτηματολόγιο έχει ως μοναδικό επίπεδο αναφοράς το γεωτεμάχιο με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αποδώσει τις τρισδιάστατες χωρικές πληροφορίες. Αυτό το κενό έρχεται να καλύψει το 3D Κτηματολόγιο με την τρισδιάστατη καταγραφή του χώρου και των δικαιωμάτων του.

Πιο συγκεκριμένα, η ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου Κτηματολογίου αφορά την καταγραφή των τρισδιάστατων ακινήτων από γεωμετρικά και τοπολογικά μοντέλα στον τρισδιάστατο χώρο. Κατά αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η γεωμετρική αναπαράσταση της τρίτης διάστασης των ακινήτων, σε αντίθεση με το δισδιάστατο κτηματολόγιο που η τρίτη διάσταση καταγράφεται ως περιγραφικό στοιχείο στους κτηματολογικούς πίνακες. Έτσι, το κτηματολόγιο αυτό είναι σε θέση να απεικονίζει για κάθε χρονική στιγμή την υπάρχουσα πραγματικότητα του δομημένου περιβάλλοντος συμπεριλαμβάνοντας ακόμη και τις μη συμβατικές περιπτώσεις και να συμβάλλει στην ορθολογικότερη διαχείριση του δομημένου περιβάλλοντος και στον έλεγχο της νομιμότητας της χρήσης του χώρου και των δημοσιονομικών εφαρμογών.

### 1.2.2 Πλαίσιο και τεχνικές πτυχές 3D Κτηματολογίου

Η μελέτη στα τρισδιάστατα κτηματολογικά συστήματα γίνεται με βάση τρία πλαίσια, τα οποία καθορίζουν τους περιορισμούς, τις δυνατότητες και τις ανάγκες των 3D κτηματολογικών εγγραφών. Τα πλαίσια αυτά συνδέονται μεταξύ τους με ιεραρχική σειρά και είναι τα εξής :

- Νομικό πλαίσιο : ορίζει το πώς μπορεί να καθιερωθεί το νομικό καθεστώς των στρωματοποιημένων ακινήτων, πώς προσδιορίζονται τα ιδιοκτησιακά όρια πέρα από τα κλασσικά 2D όρια και ποια είναι τα δικαιώματα και πώς μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν.
- Κτηματολογικό πλαίσιο: προσδιορίζει το πώς θα καταγραφούν τα δικαιώματα και οι περιορισμοί στις ιδιοκτησίες στο κτηματολογικό σύστημα και πώς θα παρέχονται πληροφορίες, αφού πρώτα καθοριστεί το νομικό καθεστώς για 3D περιπτώσεις ιδιοκτησίας και περιγραφθεί σαφώς με τίτλους και εργασίες πεδίου.
- Τεχνικό πλαίσιο: καθορίζει ποια αρχιτεκτονική συστήματος είναι απαραίτητη και το τεχνολογικό υπόβαθρο που πρέπει να αναπτυχθεί για τη στήριξη 3D κτηματολογικών εγγραφών, δηλαδή τι υλικά υπολογιστών, λογισμικά, δομές δεδομένων κ.ά. πρέπει να χρησιμοποιηθούν.



Όσον αφορά τις τεχνικές πτυχές του 3D Κτηματολογίου, σύμφωνα με τους Aien, Rajabifard (2011), αυτές διαφέρουν με βάση το περιεχόμενο ενώ μπορούν να ταξινομηθούν σε επίπεδα ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξής του όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια :

- 3D καταγραφή των δεδομένων

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται έρευνα για τους τύπους των 3D κτηματολογικών αντικειμένων που πρέπει να συλλεχθούν (κτήρια, αγωγοί, σήραγγες κ.τ.λ.). Επίσης, μελετώνται οι μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή 3D δεδομένων όπως κτηματολόγιο, εναέρια φωτογραμμετρία, laser scanning, Pictometry, mobile mapping κ.τ.λ.. Συνήθως, πραγματοποιείται συνδυασμός των διαφόρων μεθόδων 3D καταγραφής δεδομένων που οδηγεί στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

- 3D αναπαράσταση των δεδομένων

Στο στάδιο αυτό γίνεται η απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων, καθώς και 3D και 2,5D αναλύσεις της επιφάνειας της γης, με διανυσματικά και ψηφιδωτά αρχεία. Τα 3D GIS και CAD συστήματα παρέχουν αυτή την ευκαιρία, ενώ σήμερα τα 2D σχέδια είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση 3D στοιχείων στα περισσότερα κτηματολογικά συστήματα.

- Ενημέρωση του K

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ενημέρωση των κτηματολογικών αντικειμένων στη βάση δεδομένων, διατηρώντας την γεωμετρία και την τοπολογία των 3D αντικειμένων σε ένα 3D Data Base Model System (DBMS). Επί του παρόντος, όμως, χρησιμοποιείται 2D DBMS για το 3D K.

- Δεδομένα 3D modeling

Σε αυτό το στάδιο μελετάται η ανάπτυξη μοντέλων δεδομένων για τον εντοπισμό 3D αντικειμένων και των μεταξύ τους σχέσεων. Αυτού του είδους τα δεδομένα επιτρέπουν τη συλλογή, διαχείριση, ανάλυση και οπτικοποίηση 3D δικαιωμάτων και περιορισμών επί της γης.

### 1.2.3 Είδη 3D Κτηματολογίου

Η ανάπτυξη ενός 3D Κτηματολογίου μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διάφορα επίπεδα ανάλογα με την προσέγγιση της τρίτης διάστασης που αυτό λαμβάνει υπόψην αλλά και το είδος και την πληρότητα των 3D Κτηματολογικών καταγραφών. Με βάση το στάδιο ανάπτυξης του δημιουργούνται τα είδη 3D Κτηματολογίου που αναλύονται στη συνέχεια.

- ✓ *Πλήρες 3D Κτηματολόγιο*

Σε αυτό το είδος 3D Κτηματολογίου, βάση αναφοράς και καταγραφής αποτελεί το 3D ακίνητο, ενώ ταυτόχρονα παύει να ισχύει η έννοια του 2D γεωτεμαχίου. Κατά αυτό τον τρόπο, δημιουργείται ένα 3D χωρικό μοντέλο, όπου όλα τα εμπράγματα δικαιώματα, που είναι νομικά κατοχυρωμένα, συνδέονται με αυτό, κατανέμοντας τον χώρο σε ογκομετρικά τεμάχια. Το μοντέλο αυτό 3D Κτηματολογίου απαιτεί ειδική αντιμετώπιση στον τρόπο καταγραφής τόσο των δεδομένων που αφορούν την γεωμετρία και την τοπολογία των 3D αντικειμένων όσο και των εμπράγματων

δικαιωμάτων τους. Σήμερα, η δημιουργία ενός νέου πλήρους 3D Κτηματολογίου ή ακόμη και η ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης σε υφιστάμενο σύστημα, απαιτεί πολλές τροποποιήσεις στις υφιστάμενες διαδικασίες.

Όλα τα γεωτεμάχια, που έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής στο επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους, πρέπει να μετατραπούν σε 3D αντικείμενα του χώρου. Κάτι τέτοιο, βέβαια, επιβάλλει την τροποποίηση του ισχύοντος νομικού πλαισίου, αφού η καταγραφή των 3D εμπράγματων δικαιωμάτων και η χαρτογράφηση των 3D νομικά προσδιορισμένων αντικειμένων μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση που αυτά τα δικαιώματα είναι νομικά έγκυρα.

Ένα 3D Κ προϋποθέτει μια 3D δομή δεδομένων, που να μπορεί να στηρίζει και να ενσωματώσει τα 3D στοιχεία, τα οποία θα πρέπει να συλλεχθούν όταν δεν είναι διαθέσιμα. Πιο συγκεκριμένα, η βάση δεδομένων (Β.Δ.) θα πρέπει να αλλάξει ώστε να υποστηρίζει τα 3D δεδομένα τόσο από την γεωμετρική, όσο και από την τοπολογική πλευρά. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου είδους Κτηματολογίου είναι μια διαδικασία πολύπλοκη, δαπανηρή και κυρίως χρονοβόρα καθώς απαιτείται γνώση και εναρμόνιση των τεχνικών, θεσμικών και νομικών πλαισίων.

#### ✓ *Υβριδικό 3D Κτηματολόγιο*

Σε αυτό το είδος 3D Κτηματολογίου, πραγματοποιείται ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης στο ήδη υφιστάμενο 2D Κτηματολόγιο στις περιπτώσεις που συντρέχει λόγος νομικού περιεχομένου. Στην ουσία γίνεται 3D απεικόνιση της πραγματικότητας για τις σύνθετες περιπτώσεις του δομημένου περιβάλλοντος .

Η Βάση Δεδομένων (Β.Δ) που απαιτείται σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να συνδυάζει και να αξιοποιεί τόσο τις 2D όσο και οι 3D πληροφορίες που είναι διαθέσιμες. Στην πράξη διατηρείται η ισχύουσα Β.Δ. με τις δισδιάστατες εγγραφές και προστίθενται σε αυτή εγγραφές 3D αντικειμένων, έτσι όπως αυτά τεκμηριώνονται νομικά, χωρίς όμως να αλλάζουν τα χαρακτηριστικά, τα δικαιώματα και οι περιορισμοί που ήδη υπάρχουν στη βάση.

Ένα βασικό μειονέκτημα αυτού του στάδιου ανάπτυξης του 3D Κτηματολογίου είναι η απουσία της τοπολογικής σύνδεσης ανάμεσα στα διαφορετικά 3D αντικείμενα αλλά και ανάμεσα σε 3D αντικείμενα και 2D γεωτεμάχια.

#### ✓ *2D Κτηματολόγιο με 3D εξωτερικές αναφορές*

Σε αυτή την περίπτωση 3D Κτηματολογίου, διατηρείται το δισδιάστατο Κτηματολόγιο και με την χρήση εξωτερικών αναφορών γίνεται απεικόνιση των σύνθετων 3D χωρικών καταστάσεων. Οι εξωτερικές αναφορές μπορούν να εφαρμοστούν με τον προσδιορισμό της 3D κατάστασης από ένα ψηφιακό αρχείο, όπως ένα ψηφιακό σχέδιο CAD, ή με την προσθήκη μιας αναφοράς στην τρισδιάστατη περιγραφή του αντικειμένου. Αυτό το στάδιο ανάπτυξης είναι η περίπτωση που εφαρμόζεται ως επί τω πλείστον σήμερα καθώς είναι η λιγότερο παρεμβατική λύση για την αναπαράσταση των 3D δεδομένων.

#### ✓ *2,5D Κτηματολόγιο*

Σε αυτό το είδος για την πλειονότητα των αντικειμένων του χώρου υπάρχει η τρίτη διάσταση εφόσον αυτά έχουν μια σταθερή και εκ των προτέρων αποδεκτή από το σύστημα τιμή σε αυτή τους την διάσταση. Το ύψος αποτελεί χωριστό πεδίο στη Β.Δ. και καταγράφεται σε αυτήν σαν περιγραφική πληροφορία. Σε αυτή τη περίπτωση

μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρική απεικόνιση της τρίτης διάστασης με την δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

#### 1.2.4 Κατηγορίες που χρήζουν 3D καταγραφών

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που κρίνεται αναγκαία η τρισδιάστατη καταγραφή των αντικειμένων έτσι ώστε να υπάρξει μια όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική απεικόνιση της πολύμορφης και πολυσύνθετης ιδιοκτησιακής και δομούμενης πραγματικότητας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικότερες των περιπτώσεων που απαιτούν τρισδιάστατη καταγραφή, οι οποίες έχουν ομαδοποιηθεί σε κατηγορίες. (3D Καταγραφές στο Εθνικό Κτηματολόγιο, Δημοπούλου 2006)

##### 1.2.4.1 Επικαλυπτόμενοι Δημόσιοι και Ιδιωτικοί Χώροι

Συχνά, παρουσιάζεται το φαινόμενο δημόσιοι χώροι όπως πλατείες, ελεύθεροι χώροι ή υποδομές να επικαλύπτονται μερικά ή και ολικά από ιδιωτικά οικόπεδα ή κτήρια. Πιο συγκεκριμένα, οι περιπτώσεις που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι οι ακόλουθες :

- δημόσιες ιδιοκτησίες που βρίσκονται πάνω από ιδιωτικές, όπως συμβαίνει στις αστικές περιοχές όπου ιδιωτικοί υπόγειοι χώροι στάθμευσης δημιουργούνται κάτω από πλατείες,
- στοές μεταλλείων που δεν συνδέονται με το υπερκείμενο εδαφοτεμάχιο,
- δημόσιες εκτάσεις που καταλαμβάνονται π.χ. από δρόμους, με ιδιωτικά υπερκείμενα εδαφοτεμάχια ή κατασκευές (Εικόνα 1.1β),
- ανώγια σε νησιωτικές ή άλλες περιοχές που διατηρούν παραδοσιακά αρχιτεκτονικά στοιχεία, πάνω από κοινοτικές οδούς(Εικόνα 1.1γ),
- στοές ιδιωτικών κτηρίων επί κοινοχρήστου πεζοδρομίου εντός όμως του περιγράμματος των κτηρίων (Εικόνα 1.1α),
- κοινόχρηστα δίκτυα υποδομών, κοινής ωφέλειας κάτω από ιδιωτικά ακίνητα.

Οι παραπάνω περιπτώσεις παρατηρούνται αρκετά συχνά στον Ελλαδικό χώρο, χωρίς όμως να μπορούν να αποτυπωθούν στο ισχύον Εθνικό Κτηματολόγιο.



Εικόνα 1.1 α,β,γ : Χαρακτηριστικά Παραδείγματα που χρήζουν 3D καταγραφής

Πηγή : Δημοπούλου et.al(2006)

#### 1.2.4.2 Επικαλυπτόμενα Ιδιωτικά Ιδιοκτησιακά Δικαιώματα

Ένα άλλο σύνθητες φαινόμενο είναι η δημιουργία επικαλυπτόμενων ιδιοκτησιών οικοπέδων και κτισμάτων σε νησιωτικές και γενικά σε περιοχές με έντονη κλίση του εδάφους όπως στη Σαντορίνη. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται καθ' ύψος επικαλύψεις των ιδιωτικών ιδιοκτησιών με αποτέλεσμα τα οικόπεδα ή τα κτήρια να επικαλύπτονται μερικώς ή και ολικώς μεταξύ τους και την δημιουργία ιδιόμορφων κατασκευών. Μια τέτοια κατασκευή είναι τα υπόσκαφα τα οποία έχουν σκαφτεί ή λαξευτεί μέσα στο έδαφος. Το γεωτεμάχιο του υπόσκαφου υπόκειται του υπερκείμενου γεωτεμαχίου, με τους ιδιοκτήτες του υποκείμενου γεωτεμαχίου να είναι διαφορετικοί από αυτούς του υπερκείμενου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο έντονο ανάγλυφο αλλά και στο ισχύον εθιμικό δίκαιο.

Ακόμη, μια άλλη περίπτωση σε αυτή την κατηγορία είναι η περίπτωση που οι προβολές των ιδιόκτητων ακινήτων εμπίπτουν σε ένα ή περισσότερα γεωτεμάχια. Η περίπτωση αυτή, παρουσιάζεται συχνά στους παραδοσιακούς οικισμούς της ελληνικής επικράτειας που χαρακτηρίζονται από έντονο ανάγλυφο και μεγάλες κλίσεις εδάφους.



Εικόνα 1.2 : Η πολυεπίπεδη πραγματικότητα στην Σαντορίνη

Πηγή: Δημοπούλου *et.al*(2006)

#### 1.2.4.3 Μη Συμβατική Ανάπτυξη Ακινήτων επί Γεωτεμαχίων

Η ολοένα και αυξανόμενη πολυπλοκότητα των υποδομών σήμερα έχει οδηγήσει στην κατασκευή κτηρίων όχι στην συμβατική τους εκδοχή. Πιο συγκεκριμένα, τα ακίνητα αυτά μπορεί να έχουν μεταβαλλόμενα ύψη, που οφείλονται σε ειδικές κατασκευές όπως στέγες, σοφίτες και πατάρια με αποτέλεσμα να μην μπορούν να απεικονιστούν σε ένα δισδιάστατο Κτηματολογικό σύστημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι οι γνωστές «μεζονέτες» των πολυκατοικιών.

#### 1.2.4.4 Ειδικά Ιδιοκτησιακά Αντικείμενα

Στην κατηγορία αυτή, περιλαμβάνονται όλες οι περιπτώσεις ιδιοκτησίας που δεν έχουν δικαίωμα ιδιοκτησίας επί γεωτεμαχίου. Οι περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να καταγραφούν στις τρεις διαστάσεις τους και να ληφθούν υπόψιν από το κτηματολογικό μοντέλο. Τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα που εμφανίζονται στην χώρα μας είναι τα εξής :

- υπόσκαφα : σπίτια που έχουν σκαφτεί ή λαξευτεί μέσα στη Γη
- ανώγεια: κατασκευές υπερκείμενες μιας κοινόχρηστης οδού ή στοάς, που συνήθως αποτελούν επεκτάσεις της κατασκευής δίπλα στην οδό ή στοά και συναντώνται στους παραδοσιακούς οικισμούς των ελληνικών νησιών
- κατώγεια : κατασκευές που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της γης
- μεταλλεία-ορυχεία : εκτείνονται συνήθως κάτω από την επιφάνεια της γης
- σύρματα: μικρά κτίσματα ψαράδων για τις βάρκες τους στη Μήλο
- καμάρες: θολωτές κατασκευές συνήθως σε σχήμα ημικύκλιου
- στοές : περάσματα κάτω από την γή ή ανάμεσα από κτήρια και κολώνες
- πηγάδια: ορύγματα κυλινδρικού συνήθως σχήματος από το οποίο πηγάζει νερό



Εικόνα 1.3 : α) Υπόσκαφο, β) Ανώγι

Πηγή : Δημοπούλου *et.al*(2006)

### 1.3 Εθνικό Κτηματολόγιο και Τρίτη Διάσταση

Στην Ελλάδα το ισχύον Εθνικό Κτηματολόγιο εφαρμόζεται στις δύο διαστάσεις του χώρου, ενώ σύμφωνα και με τα παραπάνω η δημιουργία ενός τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος γίνεται ολοένα και επιτακτικότερη ανάγκη. Βέβαια, για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος είναι απαραίτητη είναι η αναπροσαρμογή των νομικών, τεχνικών και νομικών πλαισίων.

Όσον αφορά τα κτήρια, στη βάση δεδομένων του Εθνικού Κτηματολογίου καταγράφονται μόνο περιγραφικές πληροφορίες σχετικά με τα αυτά. Παρόλα αυτά, η χωρική βάση δεδομένων περιέχει την πληροφορία για κτήρια, χωρίς όμως να απεικονίζονται τα ίχνη και τα περιγράμματα τους στον κτηματολογικό χάρτη. Αν και το χωρικό μοντέλο περιλαμβάνει μια επιπλέον οντότητα που σχετίζεται με τα κτήρια, άρα είναι σε θέση να τα απεικονίσει, αυτό δεν έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα. Οι δύο βασικότεροι λόγοι που συντρέχουν είναι επειδή η διαδικασία για την συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα κτήρια και η μετέπειτα απεικόνισή τους είναι αρκετά δαπανηρή και χρονοβόρα και ακόμη για να αποφευχθεί η νομιμοποίηση των αυθαίρετων κατασκευών οποιασδήποτε χρήσης.

Όσον αφορά τα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτελούν μια ειδική κατηγορία κατασκευών που εμφανίζεται αρκετά συχνά στην ελληνική επικράτεια και τα οποία χαρακτηρίζονται από πολλαπλές και σύνθετες τοπολογικές σχέσεις καθώς είναι δομημένα ανάμεσα σε διάφορες ιδιοκτησίες ακόμη

και σε μεταλλεία. Αν και τα μεταλλεία είναι τα μόνα τρισδιάστατα αντικείμενα που διαχειρίζεται το ισχύον Εθνικό Κτηματολόγιο, στα ειδικά ιδιοκτησιακά αντικείμενα καταγράφεται μόνο η περιγραφική τους πληροφορία. Κατά την κτηματογράφηση, οι ανάδοχοι τοπογράφοι στους οποίους είχε ανατεθεί από το κτηματολόγιο η κτηματογράφηση και συλλογή αυτών των αντικειμένων έπρεπε να περιλάβουν ένα σχεσιακό/τοπολογικό πινάκα στα παραδοτέα της κτηματογράφησης, που θα περιλάμβανε την περιγραφή αυτών των αντικειμένων με λέξεις όπως ‘άνω’ ή ‘κάτω’. Στις προδιαγραφές της κτηματογράφησης δεν προβλέποταν η αντιμετώπιση τέτοιων αντικειμένων, με αποτέλεσμα να υπάρξει σύγχυση από τους αναδόχους στην καταγραφή τους. Παρόλα αυτά, για αυτές τις ειδικές περιπτώσεις κατά την κτηματολογική καταγραφή, προβλέπεται για τα εν λόγω αντικείμενα, να λαμβάνουν ΚΑΕΚ διαφορετικό από το οικόπεδο όπου βρίσκονται, ενώ δεν έχουν ποσοστό ιδιοκτησίας στο οικόπεδο και δεν απεικονίζονται χωρικά στο κτηματολογικό μοντέλο.

Αυτή η αδυναμία απεικόνισης της τρίτης διάστασης στο κτηματολογικό σύστημα βασίζεται κατά κύριο λόγο στην αντιφατικότητα των νόμων περί ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων που διέπει την ελληνική νομοθεσία. Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιοι από τους βασικότερους νόμους ώστε να γίνει αντιληπτή η αντιφατικότητά τους.

Βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται το δίκαιο περί ιδιωτικής ιδιοκτησίας είναι ο “superficies solo credit” του ρωμαϊκού νόμου. Σύμφωνα με αυτόν, ότι βρίσκεται πάνω ή κάτω από την επιφάνεια της γης, με την εξαίρεση κάποιων μεταλλείων, ανήκει στον κάτοχο του αντιστοίχου γεωτεμαχίου συνεπώς, η κυριότητα ενός τμήματος γης λογικά περιλαμβάνει όλες τις κατασκευές πάνω σε αυτό (άρθρο 954 C.C.).

Εξαιρέσεις στην αρχή “superficies solo credit” θεσπίζονται από τους παρακάτω νομούς:

- Το Άρθρο 1002 του Αστικού Κώδικα Νόμου 3741 / 1929 «περί ιδιοκτησίας κατ’ορόφους», σύμφωνα με το άρθρο 1 του οποίου, «αναγνωρίζεται η διηρημένη κατ’ορόφους ή μέρη αυτών ιδιοκτησία επί του αυτού οικοδομήματος» που είναι η βάση για την οριζόντια ιδιοκτησία και ο νόμος «περί μεταλλειοκτησίας»
- Το Άρθρο 1010 του Αστικού Κώδικα που αφορά ανοικοδόμηση κατά ένα μέρος σε γειτονικό ακίνητο
- Τα Άρθρα 1118-1141 του Αστικού Κώδικα. Συμφέροντα επί της γης, όπως δουλείες, παρέχουν το πλεονέκτημα της εκμετάλλευσης ενός ξένου τμήματος γης όπως (δικαίωμα διέλευσης, αποχετεύσεις κτλ)
- Το Εθιμικό δίκαιο, το οποίο ισχύει σε πολλά νησιά του Αιγαίου και ελέγχει νομικές σχέσεις στα ιδιοκτησιακά αντικείμενα, όπως συνιδιοκτησίες, δικαιώματα φύτευσης, κατασκευών σε ξένο γεωτεμάχιο κτλ. Σε αυτήν την περίπτωση ανήκουν και τα ειδικά ιδιοκτησιακά δικαιώματα.

Από τα παραπάνω, φαίνεται η ανάγκη για αλλαγή του θεσμικού πλαισίου ώστε να γίνει αποσαφήνιση των ιδιωτικών ιδιοκτησιακών διακωμάτων. Επίσης είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση νόμων σχετικών με τα τρισδιάστατα αντικείμενα, καθώς δεν υπάρχει γενική ή ειδική νομοθεσία που να ορίζει την 3D περιγραφή των αντικειμένων, ούτε καν στον δισδιάστατο χώρο και ακόμη δεν υπάρχει ειδική



νομοθεσία που να περιγράφει τις προδιαγραφές για τοπογραφικά σχέδια σε 3D, ειδικά για τις περιπτώσεις των ειδικών ιδιοκτησιακών αντικειμένων.

## 1.4Η Εξέλιξη των συστημάτων Κτηματολογίου

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται προσπάθειες για την προτυποποίηση των συστημάτων Κτηματολογίου που στηρίζεται στα κοινά χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες της τεχνολογίας και τις νέες δημιουργούμενες ανάγκες για χρήση χωρικών πληροφοριών. Οι προσπάθειες αυτές στοχεύουν στην εφαρμογή κοινής γραμμής στην ανάπτυξη συστημάτων κτηματολογίου ώστε να λαμβάνονται υπόψη κατάλληλοι παράμετροι και να είναι αποτελεσματικά. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια πρότυπα Κτηματολογίου που έχουν αναπτυχθεί.

### 1.4.1 Κτηματολόγιο 2014

Η Επιτροπή 7 της F.I.G. (Federation Internationale des Géomètres) δημοσίευσε το 1998 με πρωτοβουλία των Kaufmann και Steudler τη μελέτη με τίτλο “*Cadastrre 2014: A vision for a future Cadastral system*”. Η μελέτη αυτή πραγματεύεται την αλλαγή στις σχέσεις των ανθρώπων με τη γη, που έχει ως αποτέλεσμα την πολυπλοκότητα των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων, αλλά και τον ρόλο και την πολιτική των κυβερνήσεων και των μηχανικών για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Ακόμη, λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την επίδραση του ιδιωτικού τομέα στις μεταρρυθμιστικές αλλαγές των Κτηματολογικών συστημάτων παρουσίασε την αυξανόμενη αυτοματοποίηση και σημασία του Κτηματολογίου, ως βάση ενός ευρύτερου Συστήματος Πληροφοριών Γης (L.I.S -Land Information System), όπως επίσης και τις αδυναμίες και τις δυνατότητες των υφιστάμενων Κτηματολογικών συστημάτων, εισάγοντας την έννοια της τρισδιάστατης καταγραφής ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων και του 3D Κτηματολογίου. Προκειμένου να μελετηθεί σε ένα συνολικό πλαίσιο η καταγραφή της τρίτης διάστασης των ιδιοκτησιών σε κάθε χώρα, συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελούνταν από ερωτήσεις που αφορούν κυρίως τεχνικά, νομικά, τοπογραφικά θέματα. Η ανάλυση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου προσδιόρισε κάποια βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα μελλοντικά συστήματα Κτηματολογίου, θέτοντας ως περίοδο αναφοράς μια εικοσαετία από το έτος 1994. Απώτερος σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να οραματιστεί την δομή και την λειτουργία των συστημάτων Κτηματολογίου μέχρι το 2014, προβλέποντας τις διαμορφούμενες τάσεις στα ιδιοκτησιακά ζητήματα.

Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη Κτηματολόγιο 2014 οραματίζεται το Κτηματολόγιο ως εξής:

- Να αποτελεί τεκμήριο των δημοσίων και ιδιωτικών δικαιωμάτων και περιορισμών για τους ιδιοκτήτες ή τους χρήστες της γης
- Να εμπεριέχεται σε ένα ευρύτερο σύστημα πληροφοριών γης(L.I.S), πλήρως συνδεδεμένο και αυτοματοποιημένο, που δεν διαχωρίζει την καταγραφής της γης με την Κτηματολογική χαρτογράφηση
- Να αποτελεί μέριμνα της πολιτείας, παρόλο που το τεχνικό κομμάτι, η εκπόνηση, αναλαμβάνεται από ιδιωτικές εταιρίες
- Να έχει 100% απόσβεση κόστους

- Να έχει τη δυνατότητα να παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες στις εξελισσόμενες κοινωνίες, με χαμηλότερο κόστος από αυτό των σημερινών συστημάτων
- Να μην επικεντρώνεται μόνο στα ιδιωτικά δικαιώματα, αλλά και στα δημόσια δικαιώματα, καθώς και στους περιορισμούς

Ακολουθεί ο ορισμός του Henssen (1995), για το Κτηματολόγιο 2014 ο οποίος αφορά μόνο τα ιδιωτικά ιδιοκτησιακά δικαιώματα, ενώ έχει υιοθετηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνει υπόψιν τα δημόσια και παραδοσιακά ιδιοκτησιακά δικαιώματα. Έτσι, σύμφωνα με τον Henssen (1995):

«Το Κτηματολόγιο 2014 είναι μια μεθοδικά οργανωμένη δημόσια απογραφή δεδομένων που αφορά σε όλα τα νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια σε μία συγκεκριμένη χώρα ή περιφέρεια, βασισμένη σε μια αποτύπωση των ορίων τους. Τέτοια νομικά αναγνωρισμένα γεωτεμάχια αναγνωρίζονται συστηματικά με βάση μοναδικούς προσδιορισμούς και ορίζονται είτε από το ιδιωτικό, είτε από το δημόσιο δίκαιο. Τα όρια της ιδιοκτησίας, δηλαδή ο κωδικός προσδιορισμού μαζί με περιγραφικές πληροφορίες μπορούν να δείξουν για κάθε γεωτεμάχιο χωριστά τη φύση, το μέγεθος, την αξία και τα νομικά δικαιώματα ή τους περιορισμούς που συνδέονται με αυτό. Επιπρόσθετα, με αυτές τις περιγραφικές πληροφορίες, που καθορίζουν το αντικείμενο γης, το Κτηματολόγιο 2014 περιέχει τις επίσημες καταχωρίσεις των δικαιωμάτων στα νομικά αντικείμενα της γης. Το Κτηματολόγιο 2014 να μπορεί να δώσει απαντήσεις στις ερωτήσεις πού, πόσα, ποιος και με ποιο τρόπο.»

Το Κτηματολόγιο 2014 μπορεί να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά συστήματα Κτηματολογίου και Καταγραφής της γης καθώς αυτό αποτελεί ενά πλήρες σύστημα καταγραφής γης.

Συνοψίζοντας, ο θεσμός του Κτηματολογίου 2014 υπακούει σε τέσσερις κανόνες βασισμένους στις αρχές των παραδοσιακών Κτηματολογικών συστημάτων. Αρχικά καταγράφει όλα τα είδη δικαιωμάτων και περιορισμών σύμφωνα με τις αρχές της εγγραφής, της συγκατάθεσης, της δημοσιότητας και της ιδιαιτερότητας μέσα στα νομικά πλαίσια της κάθε χώρας. Και στην συνέχεια αξιοποιώντας την εξέλιξη της τεχνολογίας και εφαρμόζοντας διαδικασίες για την υλοποίησή του, δημιουργείται ένα αποδοτικό Κτηματολογικό σύστημα. Για την υλοποίηση του Συστήματος πραγματοποιείται συνεργασία μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, όπου το δημόσιο αναλαμβάνει τον έλεγχο των εργασιών ενώ τις εργασίες αναλαμβάνει ο ιδιωτικός τομέας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Κτηματολόγιο 2014, έχει μεταφραστεί σε 27 γλώσσες και δημοσιεύεται στην ιστοσελίδα της F.I.G. και αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των μοντέλων L.A.D.M. Παρόλα αυτά, καμία χώρα δεν κατάφερε να αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο κτηματολογικό σύστημα τρισδιάστατης καταγραφής. Πραγματοποιήθηκαν μόνο πιλοτικά προγράμματα από κάποιες χώρες, μέχρι και το 2014, που ήταν η περίοδος σχεδιασμού της εν λόγω μελέτης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα των εννοιών και στην δυσκολία σύνδεσης των νομικών πλαισίων με τα τεχνικά που ισχύουν σε κάθε χώρα.

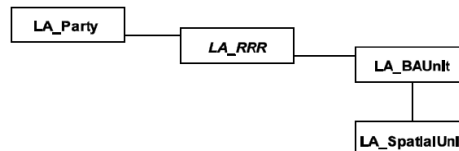


## 1.4.2 Land Administration Domain Model

Το Land Administration Domain Model (LADM) αποτελεί ένα μοντέλο γεωγραφικών πληροφοριών που αναπτύχθηκε από την Τεχνική Επιτροπή 211 του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησης και έγινε αποδεκτό ως πρότυπο ISO την 1η Νοεμβρίου το 2012. Το LADM είναι ένα διεθνές περιγραφικό πρότυπο που προσδιορίζει την δομή και λειτουργία των συστημάτων διαχείρισης γης. Πιο συγκεκριμένα, παρέχει μια επεκτάσιμη βάση για την ανάπτυξη και βελτίωση αποδοτικών συστημάτων διαχείρισης γης, που βασίζεται σε Αρχιτεκτονική Βάσει Μοντέλου (Model Driven Architecture), και επιτρέπει στους εμπλεκόμενους φορείς, τόσο μέσα σε μια χώρα όσο και μεταξύ διαφορετικών χωρών, να επικοινωνούν, μέσω κοινής γλώσσας που παρέχεται από το μοντέλο.

Είναι ένα εννοιολογικό, αφηρημένο μοντέλο, γραμμένο με συμβολισμούς UML (Unified Modeling Language) το οποίο λειτουργεί με βάση τη μεθοδολογία της σειράς προτύπων ISO 1900. Οι πληροφορίες του LADM δομούνται σε 4 βασικές οντότητες (εικόνα 2.1), που είναι εξής :

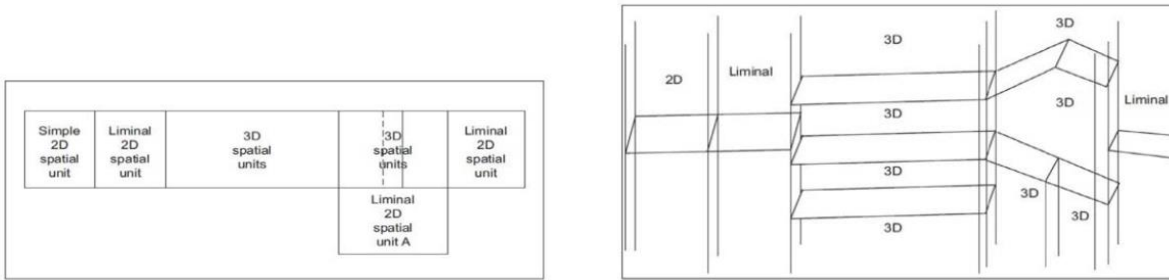
- Class LA\_Party: που αφορά τα συμβαλλόμενα μέρη, τόσο του ανθρώπινου δυναμικού όσο και των οργανισμών .
- Class LA\_RRR : που αφορά τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα και αναφέρεται στα δικαιώματα, τους περιορισμούς και τις ευθύνες.
- Class LA\_BAUnit: που αφορά τις χωρικές μονάδες και αναφέρεται σε γεωτεμάχια, κτήρια και δίκτυα κοινής ωφέλειας.
- Class LA\_SpatialUnit : που αφορά τις χωρικές πληροφορίες και αναπαραστάσεις και αναφέρεται στη γεωμετρία και την τοπολογία τους.



Εικόνα 1.4 : Βασικές οντότητες του LADM

Πηγή: LADM, 2012

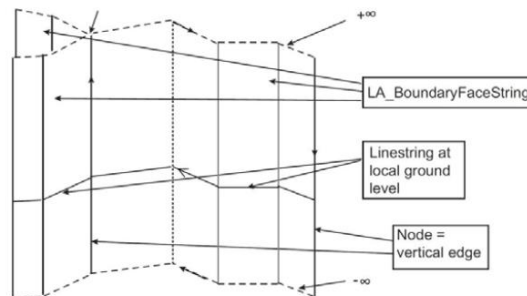
Η τελευταία οντότητα (Class LA\_SpatialUnit ) είναι και η πιο σημαντική καθώς αφορά τις χωρικές μονάδες και την απεικόνιση τους καλύπτοντας και τις τρισδιάστατες απεικονίσεις( 3D Κτηματολόγιο). Ως χωρική μονάδα νοείται ως ένας μοναδικός χώρος ή πολλαπλοί χώροι γης ή και νερού, ή ένας μοναδικός όγκος ή πολλαπλοί όγκοι στο χώρο. Η χωρική μονάδα μπορεί να είναι δισδιάστατη (2D), τρισδιάστατη (3D), ή συνδυασμός (2D και 3D) και μπορεί να περιγράφεται με κείμενο (“από αυτό το δέντρο σε αυτό το ποτάμι”), ή να βασίζεται σε ένα μοναδικό σημείο, ή να απεικονίζεται ως ένα σύνολο από αδόμητες γραμμές, ή ως μία επιφάνεια, ή ως ένας 3D όγκος, έτσι όπως παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.5 : Κάτοψη και τομές των συνδυασμένων 2D και 3D απεικονίσεων

Πηγή: LADM, 2012

Μια ακόμη οντότητα που αφορά το 3D κτηματολόγιο είναι η κλάση `LA_LegalSpaceBuildingUnit` που αποτελεί υποκατηγορία της κλάσης `LA_SpatialUnit`, που προορίζεται για την απεικόνιση νομικών χώρων που αφορούν κτήρια. Σε αυτή την απεικόνιση τα 3D τεμάχια μπορούν να παρασταθούν με όγκους χωρίς κάθετα όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σειρές διαχωριστικής επιφανείας (*boundary face strings*) ως απεικονίσεις ορίων, με τις οποίες μπορούμε να περιγράψουμε πολλαπλά πραγματικά 3D αντικείμενα, όπως για παράδειγμα αντικείμενα με φαρδύτερο άνω μέρος από κάτω μέρος με αυτές τις γραμμές.



Εικόνα 1.6 : Έννοιες *Boundary face string*

Πηγή: LADM, 2012

### 1.4.3 Η Ευρωπαϊκή Οδηγία INSPIRE

Η οδηγία INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European Community) ψηφίστηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο ως Directive 2007/2/EC στις 14 Μαρτίου του 2007, ενώ τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαΐου του 2007. Η οδηγία αυτή διαμορφώνει το νομικό πλαίσιο για τη δημιουργία και λειτουργία Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών στην Ευρώπη (ESDI). Ως Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Data Infrastructure –SDI) ορίζεται μια συλλογή Γεωγραφικών πληροφοριών, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών. Σε μια τέτοια Υποδομή θα συμμετέχουν όλοι οι Φορείς (Εθνικοί και Ευρωπαϊκοί) που παράγουν χωρική πληροφορία, και έχει πρόσβαση σε

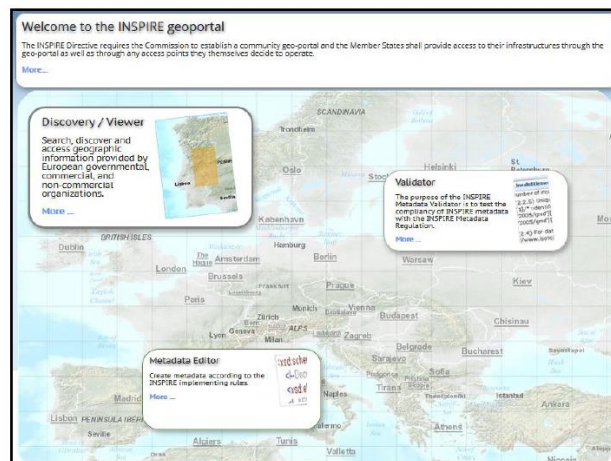
αυτή κάθε πολίτης που πρόκειται να χρησιμοποιήσει τέτοιου είδους πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία αυτή ορίζει τους γενικούς κανόνες για την δημιουργία υποδομής χωρικών Πληροφοριών στην Ευρώπη για την υποστήριξη των περιβαλλοντικών πολιτικών καθώς και των πολιτικών εκείνων που έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον. Η οδηγία είναι Πλαίσιο και απαιτεί εκτελεστικές διατάξεις, ενώ δεσμεύει τα κράτη μέλη για το τι θα πρέπει να επιτευχθεί. Παράλληλα τα κράτη μέλη ορίζουν αυτόνομα μέσα από την Εθνική τους Νομοθεσία τον τρόπο με τον οποίο θα το επιτύχουν.

Η οδηγία αυτή θεσπίστηκε στα βήματα των διεθνών προτύπων, τα οποία κατευθύνονται προς την εναρμόνιση των συνόλων χωρικών δεδομένων, ενώ κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής των κανόνων θα πρέπει τα πρότυπα αυτά να λαμβάνονται υπόψιν. Οι βασικές αρχές που διέπουν αυτή την οδηγία παρουσιάζονται συνοπτικά στην συνέχεια :

- Η συλλογή των δεδομένων θα πρέπει να γίνεται μια φορά μόνο, ενώ η αποθήκευση, η διατήρησή τους και η ενημέρωσή τους θα πρέπει να γίνεται με αποδοτικό τρόπο από συγκεκριμένο φορέα
- Πρέπει να ευνοείται ο συνδυασμός ενιαίων χωρικών πληροφοριών από διάφορες πηγές στην Ευρώπη και οι πληροφορίες αυτές να μπορούν να μοιραστούν σε πολλούς χρήστες και για πολλές εφαρμογές
- Η χωρική πληροφορία θα πρέπει να είναι συνεχής, διαθέσιμη και προσπελάσιμη
- Οι πληροφορίες που συλλέγονται σε ένα επίπεδο και μια κλίμακα, πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού σε όλα τα επίπεδα και τις κλίμακες
- Η πληροφορία πρέπει να απεικονίζεται με κατανοητό τρόπο ώστε να γίνεται αντιληπτή από τους χρήστες αλλά ταυτόχρονα να παρέχετε η δυνατότητα ενοποίησης της από διαφορετικές πηγές
- Πρέπει η εύρεση των διαθέσιμων δεδομένων να είναι εύκολη, καθώς επίσης να πραγματοποιείται άμεση εκτίμηση από τους χρήστες για την καταλληλότητά τους σε συγκεκριμένες εφαρμογές.

Γενικά, τα κράτη- μέλη εφαρμόζοντας την οδηγία INSPIRE, θέτουν στη διάθεση των χρηστών διαδικτυακές υπηρεσίες, δίνοντας τους τη δυνατότητα να αναζητούν, να συμβουλευονται και να αποκτούν πρόσβαση σε χωρικές πληροφορίες μέσω μιας ευρωπαϊκής δικτυακής πύλης γεωπληροφορικής της Geo Portal, την οποία διαχειρίζεται σε κοινοτικό επίπεδο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η Geo Portal συνδέει τις εθνικές δικτυακές πύλες για κάθε συγκεκριμένο τομέα εξειδικευμένων δεδομένων ή υπηρεσιών, χωρίς όμως να διατηρεί ή να αποθηκεύει δεδομένα, ενώ τα κράτη-μέλη μπορούν να παρέχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες αυτές μέσω των δικών τους σημείων πρόσβασης. Για την χρήση ορισμένων υπηρεσιών ενδέχεται να απαιτείται η καταβολή τελών.

Τα κράτη- μέλη καθόρισουν σε ποιες χωρικές πληροφορίες μπορούν να έχουν πρόσβαση οι χρήστες, ενώ για να διασφαλισθεί η διαλειτουργικότητα, η οδηγία καθορίζει κανόνες, που αφορούν στα μεταδεδομένα, στη διαλειτουργικότητα χωρικών θεμάτων δεδομένων και υπηρεσιών χωρικών δεδομένων, στις υπηρεσίες δικτύου και τεχνολογίας, στην κοινή χρήση δεδομένων και στον έλεγχο και αναφορά διαδικασιών.



Εικόνα 1.7 : Ευρωπαϊκή Διαδικτυακή Πύλη Γεωπληροφορικής

Πηγή : INSPIRE Geo Portal

Τα γεωτεμάχια αποτελούν μία από τις εναρμονισμένες ομάδες δεδομένων της οδηγίας INSPIRE και περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της οδηγίας INSPIRE, που σημαίνει ότι θεωρούνται δεδομένα αναφοράς, δηλαδή συνιστούν το χωρικό πλαίσιο για τη σύνδεση ή την παραπομπή σε άλλες χωρικές πληροφορίες. Οι προδιαγραφές δεδομένων για τα γεωτεμάχια έγιναν βάσει του "Generic Conceptual Model" της INSPIRE, σε συνεργασία με τους οργανισμούς "Permanent Committee on Cadastre", EuroGeographics, F.I.G. και την τεχνική επιτροπή TC211 της I.S.O.. Το μοντέλο γεωτεμαχίων της οδηγίας INSPIRE προέρχεται από το διεθνές πρότυπο L.A.D.M., ενώ το θεματικό επίπεδο των γεωτεμαχίων διαχειρίζεται από τους οργανισμούς Κτηματολογίων των κρατών- μελών.

Κάθε γεωτεμάχιο περιγράφεται με κάποια υποχρεωτικά στοιχεία, όπως γεωμετρία, κτηματολογική αναφορά και πληροφορίες που υποστηρίζουν την αναγνώρισή του σε εκτυπωμένους χάρτες. Τα γεωτεμάχια είναι απαραίτητο να εξαρτώνται από το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ETRS89 ή το ITRS. Στα μεταδεδομένα περιέχονται πληροφορίες για τη διαδικασία δημιουργίας και μετασχηματισμού των δεδομένων.

Η INSPIRE Προδιαγραφή Δεδομένων για τα κτηματολογικά γεωτεμάχια έχει ήδη συνταχθεί και δημοσιευθεί (INSPIRE, 2009). Οι όροι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- 2D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα δισδιάστατο χώρο με (X, Y) συντεταγμένες
- 2.5D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα τρισδιάστατο χώρο με τον περιορισμό, ότι για κάθε (X, Y) θέση υπάρχει μόνο ένα Z
- 3D δεδομένα : η γεωμετρία των χαρακτηριστικών παριστάνεται σε ένα τρισδιάστατο χώρο και δίνεται χρησιμοποιώντας (X, Y, Z) συντεταγμένες.

Όσον αφορά τα 3D κτηματολογικά αντικείμενα, η οδηγία INSPIRE δεν έχει σαφώς καθορίσει τις προδιαγραφές του. Αναφέρονται, ωστόσο, ορισμένες περιπτώσεις χρήσης που αφορούν 2.5D ή 3D γεωτεμάχια στον ανακεφαλαιωτικό πίνακα ελέγχου των προδιαγραφών δεδομένων κτηματολογικών τεμαχίων, σύμφωνα με τον οποίο,

υπάρχει ενδιαφέρον σε 2.5D κτηματολογικά τεμάχια και πιθανές απαιτήσεις για 3D γεωτεμάχια στο μέλλον.

Επίσης, οι εργασίες για την προδιαγραφή δεδομένων για τα κτήρια είναι ακόμα υπό εξέλιξη. Τα μοντέλα δεδομένων, που εφαρμόζονται σε αυτή την προδιαγραφή, προσφέρουν μια ευέλικτη προσέγγιση, που επιτρέπει πολλαπλές αναπαραστάσεις των κτηρίων και άλλων κατασκευών, από το σύνολο των τεσσάρων προφίλ με διαφορετικά επίπεδα λεπτομερειών στη γεωμετρία και τη σημασιολογία. Τα βασικά αυτά προφίλ περιέχουν τους τύπους χαρακτηριστικών “Building” και “Building part” και ένα περιορισμένο σύνολο χαρακτηριστικών, κυρίως σχετιζόμενο με τη χρονική διάσταση (ημερομηνία κατασκευής, ανακαίνισης και κατεδάφισης), με φυσικές πληροφορίες (ύψος, αριθμός οροφών, υψόμετρο) και την ταξινόμηση των κτηρίων ανάλογα με την φυσική τους όψη και την τρέχουσα χρήση. Η INSPIRE κλάση Building Base απεικονίζεται με την εφαρμογή του τύπου χαρακτηριστικών (feature types) AbstractConstruction και AbstractBuilding. Το AbstractBuilding είναι ένας αφηρημένος τύπος χαρακτηριστικού (abstract feature type), που ομαδοποιεί τις κοινές ιδιότητες των τύπων Building και BuildingPart, που είναι παρόντες και σε άλλα σχήματα εφαρμογής. Το AbstractConstruction είναι ένας άλλος αφηρημένος τύπος χαρακτηριστικού που ομαδοποιεί τις σημασιολογικές ιδιότητες των κτηρίων και των μερών των κτηρίων, των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά είναι άλλες κατασκευές, κτιριακές μονάδες, δώματα, εγκαταστάσεις, συνοριακές επιφάνειες και υφές.

Συμπερασματικά, όσον αφορά στο 3D κτηματολόγιο, τα βασικά σημεία του πρότυπου L.A.D.M. και της οδηγίας INSPIRE είναι δύο. Το πρώτο σημείο είναι ο σύνδεσμος που υπάρχει μεταξύ της οντότητας LA\_SpatialUnit του L.A.D.M. και του CadastralParcel από την οδηγία INSPIRE. Η ομάδα INSPIRE και η ομάδα ανάπτυξης του L.A.D.M. συνεργάστηκαν κατά τη διάρκεια των εργασιών του, προκειμένου το LA\_Parcel να είναι βάση για το CadastralParcel. Αυτό δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο στις δύο διαστάσεις, αλλά στις τρεις διαστάσεις δεν είναι πλήρως εφικτό, γιατί η οδηγία INSPIRE έχει σοβαρούς περιορισμούς στις τρεις διαστάσεις, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Για το μέλλον, όμως, δεν αποκλείονται εντελώς από την οδηγία INSPIRE τα 2.5D ή 3D κτηματολογικά γεωτεμάχια, καθώς αναφέρεται ότι μπορεί να είναι χρήσιμα. Το δεύτερο σημείο αφορά στα κτήρια. Τόσο το πρότυπο L.A.D.M., όσο και η οδηγία INSPIRE αναφέρουν τα κτήρια ως 3D αντικείμενα. Το LA\_LegalSpaceBuildingUnit είναι μια υποκλάση του LA\_SpatialUnit στο L.A.D.M., ενώ η κλάση Building Base είναι μια ξεχωριστή κλάση στην προδιαγραφή δεδομένων INSPIRE για τα κτήρια. Αφού και οι δύο κλάσεις αφορούν κτήρια, τα περισσότερα από τα δεδομένα που συλλέγονται για κτήρια, μπορούν να καταγραφούν, είτε μέσω L.A.D.M., είτε μέσω INSPIRE. Επιπλέον, οι INSPIRE και L.A.D.M. κλάσεις έχουν χρονική πληροφορία. Στο L.A.D.M. γίνεται μέσω ιστορικού εκδόσεων, ενώ στην οδηγία INSPIRE μέσω χαρακτηριστικών, όπως dateOfConstruction ή dateOfDemolition (ημερομηνία κατασκευής, κατεδάφισης). Άλλες ιδιότητες, τόσο των INSPIRE όσο και των L.A.D.M. κλάσεων στα κτήρια, αφορούν στη φυσική περιγραφή του κτηρίου, επομένως είναι συχνά παρόμοιες ή ίδιες.

Η βασική διάφορα μεταξύ L.A.D.M. και INSPIRE κλάσεων είναι, ότι το L.A.D.M. περιγράφει το νομικό χώρο του κτηρίου, ενώ το INSPIRE αφορά το καθεαυτό φυσικό αντικείμενο.

Γενικότερα, η οδηγία INSPIRE εξελίσσεται παράλληλα με το σύστημα L.A.D.M.. Παρά τις πολλαπλές προσπάθειες που καταβλήθηκαν ώστε να υπάρχει συνοχή μεταξύ των δύο συστημάτων και ταύτιση των κοινών εννοιών, η οδηγία INSPIRE διαφοροποιείται από το L.A.D.M. καθώς αυτή επικεντρώνεται κυρίως σε περιβαλλοντικούς χάρτες, ενώ το L.A.D.M. σε χρήστες ενός πολυδιάστατου συστήματος Κτηματολογίου.

## 1.5 Διεθνής Εμπειρία σε Θέματα 3D Κτηματολογίου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω καμία χώρα μέχρι σήμερα δεν έχει καταφέρει να αναπτύξει ένα πλήρες κτηματολογικό σύστημα, ενσωματώνοντας σε αυτό την έννοια της τρίτης διάστασης. Βέβαια, υπάρχουν χώρες που διεξάγουν συντονισμένες προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση, εφαρμόζοντας πειραματικές εφαρμογές 3D Κτηματολογίου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τα πιο πρωτοποριακά συστήματα Κτηματολογίου χωρών.

### 1.5.1 Κτηματολόγιο Κίνας

Η Κίνα αποτελεί μια αναπτυσσόμενη χώρα και μια από τις μεγαλύτερες οικονομίες του πλανήτη, που είναι γνωστή για τη σημαντική συμβολή της στην ταχεία αστικοποίηση. Η ταχεία αστικοποίηση έχει ως στόχο την μείωση του ποσοστού της φτώχειας και φυσικά το σημαντικότερο ρόλο σε αυτή έχει η γη. Ωστόσο, η φύση της γης ως πεπερασμένο μέγεθος έρχεται σε σύγκρουση με την αστική ανάπτυξη με αποτέλεσμα τελικά την αστική διάχυση και μια μη βιώσιμη ανάπτυξη. Για το λόγο αυτό, η διαχείριση της πολεοδομικής ανάπτυξης αποτελεί θέμα μείζονος σημασίας για τις αρχές διαχείρισης γης της Κίνας.

Έτσι, για να αντιμετωπιστεί η πρόκληση της ταχείας αστικής ανάπτυξης στην Κίνα, ορισμένες ανεπτυγμένες πόλεις όπως η Σαγκάη, η Guangzhou και η Shenzhen κατευθύνθηκαν στην επέκταση της χρήσης της αστικής γης, χρησιμοποιώντας τον χώρο στις τρεις διαστάσεις, λόγω του περιορισμού της γης στις πόλεις αυτές. Για την υποστήριξη μιας τέτοιας προσέγγισης όπως είναι λογικό δεν αρκεί το διδιάστατο κτηματολόγιο που έχει αναπτυχθεί στις πόλεις αυτές και η ανάπτυξη του τρισδιάστατου Κτηματολογίου είναι αναγκαία για την διαχείριση της αστικής ανάπτυξης. (Agdas and Stubkjær, 2011, Benhamu and Doytsher, 2003, Chong, 2006, Tsoun et.al, 2010, Doner et.al, 2010, Hassan et.al, 2008, Stoter, 2004, Guo και Ying, 2010). Στην πραγματικότητα, η χρήση του χερσαίου χώρου καθίσταται δυνατή σε μια πόλη εξαρτώμενη από δύο προϋποθέσεις: η αστική γη να είναι πολύτιμη και η πόλη να είναι σε θέση να αντέξει οικονομικά μια τέτοια εξέλιξη του χώρου.

Πιο συγκεκριμένα, η πόλη της Shenzhen, βρίσκεται στη νότιο-ανατολική παραθαλάσσια περιοχή της Κίνας (Εικόνα 1.9) και δίπλα στο Χονγκ Κονγκ και αποτελεί μια από τις πιο ανεπτυγμένες οικονομικά πόλεις στην Κίνα καθώς γνώρισε μια σταθερή ταχεία οικονομική ανάπτυξη και την αστικοποίηση. Με τέτοια αστική ανάπτυξη αύξησε την δομημένη έκταση κατά 64% μεταξύ 1990-2000 και μόνο περίπου 8% μεταξύ 2000-2010 στον πυρήνα της αστικής περιοχής,

συμπεριλαμβανομένων 4 περιοχών (Futian, Luohu, Nanshan, Yantian) που συνθέτουν την Ειδική Οικονομική Ζώνη της Shenzhen. Στα προάστια, συμπεριλαμβανομένων 2 περιοχών (Baoan, Longgang) πραγματοποιήθηκε σημαντική συμβολή της αύξησης των κατασκευών κατά τη διάρκεια του 2000-2010.



Εικόνα 1.8 : Χάρτης παρουσίασης της πόλης Shenzhen στην Κίνα

Πηγή : Guo et.al(2011)

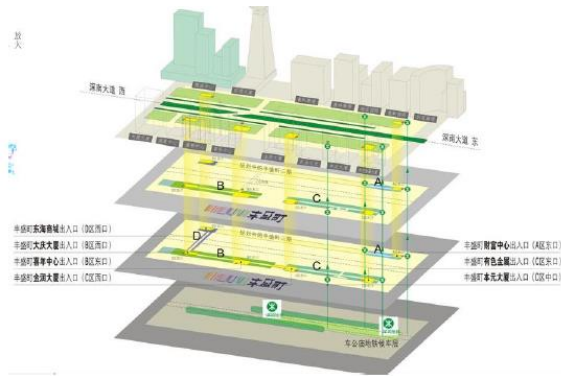
### 1.5.2.1 Παραδείγματα που Χρρίζουν 3D καταγραφής

Η τυπική χρήση της γης σε τρεις διαστάσεις στο Shenzhen περιλαμβάνει υπόγειους χώρους στάθμευσης, εμπορικούς δρόμους πάνω από το έδαφος, κτήρια και ούτω καθεξής, όπου οι επιφάνειες των τεμαχίων έχουν διαφορετικές κυριότητες ή χρησιμοποιούνται από άλλους κυρίους. Η διαχείριση των γειτονικών ιδιοκτησιών σε τρεις διαστάσεις απαιτεί σαφή και ξεκάθαρη περιγραφή της έκτασής τους, αλλιώς θα προκύψουν συγκρούσεις στα ιδιοκτησιακά δικαιώματα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα της πόλης Shenzhen, που χρήζουν απεικόνισης σε 3D Κτηματολόγιο.

#### ➤ Fengshengding(παζάρι)

Το Fengshengding είναι ένας ειδικός εμπορικός δρόμος (παζάρι) που εκτείνεται κάτω από την κεντρική λεωφόρο «Shennan Boulevard» στην πόλη Shenzhen. Υπάρχει ανάγκη για ένα παζάρι εντατικοποίησης της λιανικής πώλησης στην περιοχή αυτή, όμως δεν υπάρχει χώρος στο έδαφος για την υλοποίησή του. Για το λόγο αυτό, το παζάρι σχεδιάστηκε κάτω από την κεντρική λεωφόρο σε δύο ορόφους με συνολική δομημένη επιφάνεια περίπου 24km<sup>2</sup>, όπου κάθε όροφος φιλοξενεί πολλά μικρά καταστήματα κατά μήκος του οδοστρώματος εντός της κατασκευής. Ακόμη, ο χώρος που προορίζεται για την κατασκευή του παζαριού καλύπτει ένα μέρος του υπόγειου χώρου που χρησιμοποιείται από τον σταθμό του μετρό. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν τουλάχιστον τρία στρώματα με διαφορετικές χρήσεις γης εντός των ίδιων γεωτεμαχίων. Επόμενως, μια κλασική κτηματολογική απεικόνιση του χώρου και των δικαιωμάτων δεν μπορεί να αναπαραστήσει την πραγματικότητα.





Εικόνα 1.9: α) Αποψη του Παζαριού , β) Πολύ –στρωματική Απεικόνιση των χρήσεων

Πηγή : Πηγή : Guo et.al(2011)

Επίσης, στην περίπτωση αυτή, ο προσδιορισμός της χωρικής έκτασης της κατασκευής τόσο κατά τη φάση του σχεδιασμού όσο και της έγκρισης είναι ασαφής, καθώς έχει κατατεθεί το κείμενο «αυτή η κατασκευή απευθύνεται ουσιαστικά σε δύο χρήσεις, αλλά ένα μέρος της επιτρέπεται για τρεις χρήσεις» και σύμφωνα με τον κύριο του έργου, «ένα τμήμα» δεν έχει σαφή χωρική έκταση. Μια τέτοια περιγραφή αφήνει στον κατασκευαστή ελευθερίες στην κατασκευή του παζαριού / οδού, αυξάνοντας τον κίνδυνο καταπάτησης των δικαιωμάτων των άλλων χρήσεων γης, δημιουργώντας χωρικές συγκρούσεις στο υπάρχον σύστημα κτηματολογίου.

➤ Tanglangshan

Το Tanglangshan αποτελεί ένα ακόμη παράδειγμα υποδομής στην πόλη της Shenzhen που χρήζει 3D καταγραφής, καθώς το υπόγειο τμήμα της κατασκευής αποτελεί σταθμό του μετρό και πάνω από αυτό έχουν δομηθεί μια ομάδα εμπορικών οικιστικών επαυλών. Ο σταθμός είναι ιδιοκτησία της εταιρείας του μετρό και οι επαύλεις αποτελούνται από πολλά διαμερίσματα, τα οποία ανήκουν σε διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Η υποδομή αυτή κατασκευάστηκε για διαφορετικές χρήσεις όπως μεταφορά και κατοικία, και έχει ένα σαφή διαχωρισμό σε κάθετη κατεύθυνση. Το ύψος του σταθμού μετρό είναι περίπου 16m υπογείως και οι επαύλεις προεξέχουν από το σταθμό (Εικόνα 1.10). Η διαχείριση των κάθετα διαφορετικών χρήσεων γης στο ίδιο γεωτεμάχιο είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής του υφιστάμενου κτηματολογίου και μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα όταν λαμβάνονται δεδομένα από το σύστημα.





Εικόνα 1.10 : α) Άποψη του Tanglangshan , β) Τομή της κατασκευής

Πηγή : Πηγή : Guo et.al(2011)

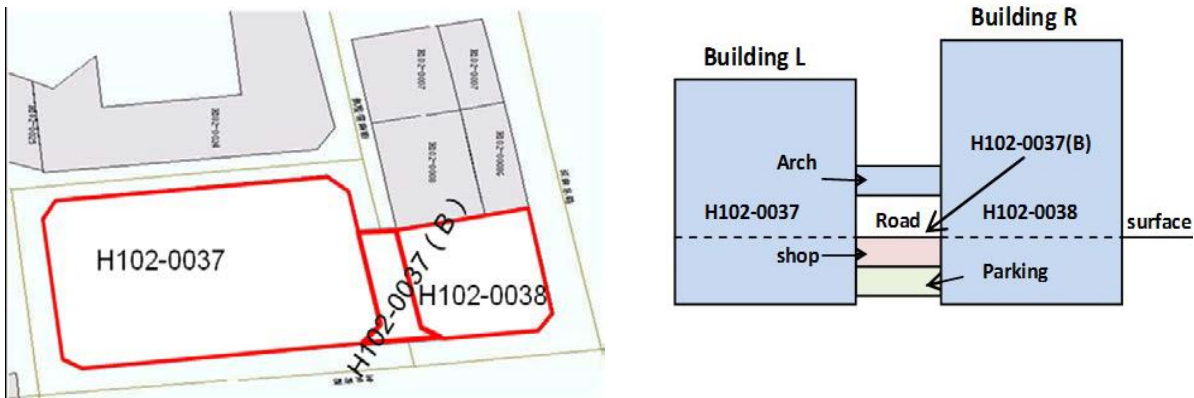
### 3)Wanxiangcheng(HMixC)

Το Wanxiangcheng (HMixC) είναι ένα είδος κεντρικών κτηρίων όπου συγκεντρώνονται διεθνείς μάρκες. Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή αποτελείται από διάφορα κτήρια, ενώ δύο από αυτά χωρίζονται από ένα δημοτικό δρόμο, και συνδέονται μεταξύ τους με αψίδα πάνω από το δρόμο (Εικόνα 1.11). Στην εικόνα 1.12α παρουσιάζεται η απεικόνιση των κτηρίων στο υπάρχον κτηματολόγιο. Το γεωτεμάχιο H102-0037 (B) περιλαμβάνει υπόγειο χώρο στάθμευσης, εμπορικά καταστήματα και μια αψίδα πάνω από το έδαφος, και είναι δίπλα στο γεωτεμάχιο H102-0037 και το γεωτεμάχιο H102-0038 που βρίσκονται δίπλα στα κύρια κτήρια. Δεδομένου ότι η αψίδα κατασκευάστηκε πάνω από το δρόμο, το γεωτεμάχιο επικαλύπτει ένα τμήμα του δρόμου και το H102-0037 (B) αποκτά διαφορετικές χρήσεις και ιδιοκτησιακά δικαιώματα. Η αψίδα και ο υπόγειος χώρος ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη, όπως και τα κτήρια στα γεωτεμάχια H102-0037 και H102-0038, αλλά ο χερσαίος χώρος που χρησιμοποιείται για την αψίδα ανήκει στο δήμο. Τα δικαιώματα χρήσης γης είναι διακριτά στην κάθετη διεύθυνση εντός του γεωτεμαχίου (Εικόνα 1.12). Κατ' αυτό τον τρόπο, η χωρική έκταση της χρήσης γης στο χώρο κάτω και πάνω από το έδαφος δεν έχει ακριβή και σαφή περιγραφή, αλλά εντοπίζεται στο αρχιτεκτονικό σχέδιό του.



Εικόνα 1.11 : Η αψίδα που ενώνει τα δύο κτήρια

Πηγή : Guo et.al(2011)



Εικόνα 1.12: α) Απάσπασμα κτηματολογικού διαγράμματος, β) Τομή των δύο συνδεδεμένων κτηρίων

Πηγή : Πηγή : Guo et.al(2011)

### 1.5.1.2 Διαχείριση της ανάπτυξης της γης

Όσον αφορά τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα, σύμφωνα με το νόμο περί διοικήσεως της γης, «η Γη στις αστικές περιοχές των πόλεων ανήκει στο κράτος», καθώς και η αστική γη δεν μπορεί να μεταφερθεί σε άλλο κάτοχο από την αγορά, πώληση ή μέσω άλλων τρόπων. Ωστόσο, το δικαίωμα για τη χρήση της γης μπορεί να μεταφερθεί, σύμφωνα με το νόμο, είτε με αγορά, είτε με πώληση είτε με άλλους τρόπους. Τα κτήρια που κατασκευάζονται στο εσωτερικό της γης ανήκουν στον ιδιοκτήτη και καταχωρούνται ως νομικά αντικείμενα. Το δικαίωμα για τη χρήση ενός τμήματος γης οριοθετείται μόνο από το επίπεδο όριο του γεωτεμαχίου σε ένα 2D σύστημα κτηματολογίου και δεν υπάρχει σαφής και ρητή δήλωση για την κατακόρυφη έκτασή του από το νόμο. Η διαχείριση της γης είναι μια διαδικασία κατά την οποία, η τροποποίηση του ύψους των κτηρίων ή της αρχιτεκτονικής επιτρέπεται σύμφωνα με τις διοικητικές διαδικασίες, αλλά απαγορεύεται οποιαδήποτε αλλαγή για το γεωτεμάχιο στο σύστημα του κτηματολογίου. Επιπλέον, επιτρέπεται να δομηθούν ορισμένες εκτάσεις ή χώροι με διαχρονική χρήση εκτός των οριοθετημένων γεωτεμαχίων. Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία, μια ευέλικτη διάταξη κατά την κατακόρυφη έννοια της χρήσης γης κρίνεται απαραίτητη.

Το τμήμα της διαχείρισης γης είναι υπεύθυνο για τη χωροταξία και την ανάπτυξη, εστιάζοντας στο αν τα τμήματα γης αξιοποιούνται σωστά και τα κτήρια χωροθετούνται εντός των ορίων τους ή όχι. Ο προσδιορισμός της έκτασης πραγματοποιείται μέσω αποτύπωσης, συνήθως χρησιμοποιώντας ένα απόλυτο σύστημα συντεταγμένων. Το τμήμα της αρχιτεκτονικής και των κατασκευών είναι υπεύθυνο για την παροχή διαθέσιμων σχεδίων αρχιτεκτονικής για την κατασκευή με βάση το χωροταξικό σχεδιασμό. Συχνά χρησιμοποιούνται σχετικές και τοπικές μετρήσεις για να περιγράψουν τη χωρική έκταση, προκειμένου να μειωθεί η ασυνέπεια μεταξύ του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής και αυτού που υλοποιείται στα κτήρια.

### 1.5.1.3 Πλαίσιο εφαρμογής του 3D Κτηματολογίου

Η διαχείριση του 3D χώρου αστικής γης είναι αρκετά πολύπλοκη διότι σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο, τα ιδιοκτησιακά αντικείμενα και τα δικαιώματά τους στην πόλη Shenzhen είναι εξ ορισμού δισδιάστατα. Αυτό απαιτεί ορισμένες αλλαγές στις διαδικασίες διαχείρισης της γης, όπως ο χωροταξικός σχεδιασμός, το κτηματολόγιο και η κτηματογράφηση.

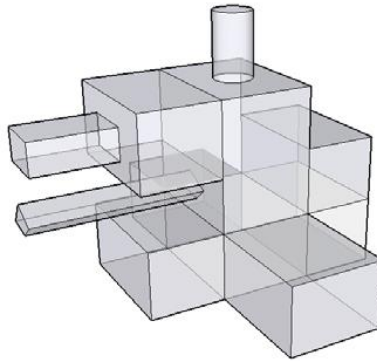
Πριν από το 2007, καθώς το Εμπράγματο Δικαίωμα τέθηκε σε ισχύ από την 1η Οκτωβρίου, 2007, δεν υπήρχε κανένας νόμος που να διευκρινίσει αν το δικαίωμα χρήσης γης της κατασκευής μπορεί να είναι ξεχωριστό από την επιφάνεια γης του γεωτεμαχίου. Το δικαίωμα χρήσης του χώρου κάτω ή πάνω από το έδαφος θα έπρεπε να εξαρτάται από την κατασκευή πάνω στο γεωτεμάχιο. Το Εμπράγματο Δικαίωμα του Νόμου έρχεται να καλύψει το κενό αυτό, υποστηρίζοντας ότι το δικαίωμα χρήσης του χώρου κάτω ή πάνω από τη γη μπορεί να είναι ανεξάρτητο από την κατασκευή στην επιφάνεια της γης. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει καμία νέα διαδικασία και ρύθμιση της σημερινής διοίκησης για τη διαχείριση αυτών των δικαιωμάτων. Όσον αφορά τις 3D τεχνικές για την τρισδιάστατη απεικόνιση της ιδιοκτησιακής πραγματικότητας, έχουν αναπτυχθεί προϊόντα 3D GIS και CAD που υποστηρίζουν την εφαρμογή αυτή. Το ζήτημα όμως είναι πώς θα ενταχθούν και να υιοθετηθούν οι τεχνικές αυτές σε ένα λειτουργικό σύστημα υπολογιστή, πραγματοποιώντας 3D γεωμετρικούς υπολογισμούς, οπτικοποίηση και προσαρμογή.

Ένα 3D αντικείμενο στο 3D κτηματολόγιο προσδιορίζεται από μια γεωμετρία που έχει κάθετες επιφάνειες και περικλείει ένα 3D χώρο με στέγες και πατώματα. Ένα 2D αντικείμενο, όπως και αναπαριστώνται τα ιδιοκτησιακά αντικείμενα στο υπάρχον κτηματολόγιο είναι μια ειδική περίπτωση ενός 3D αντικείμενου στο οποίο συμπίπτει η οροφή με το δάπεδο, και δημιουργούν ένα πολύγωνο. Ένα 3D αντικείμενο-ιδιοκτησία αντιστοιχεί σε ένα χωρικό φάκελο που περιέχει την κατασκευή με το χερσαίο χώρο, αντί του χώρου δικαιωμάτων γης, καθώς οι ισχύοντες νόμοι και κανονισμοί δεν είναι σε θέση να δώσουν μια σαφή κατεύθυνση για χωρική έκταση των δικαιωμάτων και την αναπαράστασή τους. Κατά αυτό τον τρόπο, η γεωμετρία του 3D ακινήτου καθορίζεται μόνο από τη φυσική κατασκευή του.

Όσον αφορά, το μοντέλο των 3D δεδομένων, η επιλογή του έγινε με βάση την ικανότητα του μοντέλου να ενσωματώσει την τρισδιάστατη πληροφορία στο 2D κτηματολόγιο. Επιπλέον, το 3D μοντέλο δεδομένων θα πρέπει να υποστηρίζει μια πλήρη 3D τοπολογική δομή.

Η παραγωγή των τρισδιάστατων δεδομένων πραγματοποιείται από τα δισδιάστατα σχέδια του κτηματολογίου, που αποτελεί μια αρκετά αποτελεσματική προσέγγιση. Στην ουσία, ένα κτήριο διαμορφώνεται αυτόματα στις τρεις διαστάσεις εξωθώντας το πολύγωνο του αποτυπώματός του, όταν βέβαια η μορφή της στέγης είναι απλή. Ωστόσο, κτήρια με πολύπλοκη οροφή, θα πρέπει να μπουν στην διαδικασία μοντελοποίησης ώστε να γίνει εξώθηση σε κάθε ξεχωριστό τμήμα της οροφής σύμφωνα με το προφίλ της αρχιτεκτονικής τους (Kelly και Wonka, 2011). Επί του παρόντος, τα 2D σχέδια των κατασκευών διαμορφώνονται στο AutoCAD και υπόκεινται σε μια διαδραστική επεξεργασία πριν από την αυτόματη εξώθηση. Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι το 3D κτηματολόγιο δεν χρειάζεται ακριβώς το 3D

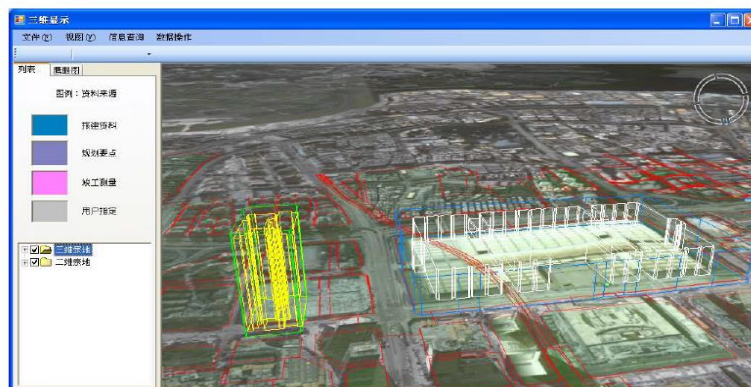
μοντέλο των κατασκευών καθώς δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην χωρική έκταση, οι λεπτομέρειες των 3D μοντέλων δεν είναι τόσο σημαντικές και συνάμα αποφεύγετε τη πολύ δουλειά. Αφού δημιουργηθούν τα 3D δεδομένα, έχει αναπτυχθεί μια διαδικασία τοπολογία-κτηρίου που έχει στόχο να κτίσει τις τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των όγκων και των όψεων.



Εικόνα 1.13 : Τοπολογικό Κτήριο για τις 3D κατασκευές

Πηγή : Guo et.al(2011)

Όσον αφορά την ανάπτυξη του συστήματος, οι λειτουργίες για την ανάπτυξη του 3D συστήματος κτηματολογίου πραγματοποιούνται συνδυάζοντας τα λογισμικά ArcGIS Server, Skyline TerraGate και Sketchup. Τα 3D και 2D του κτηματολογίου δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε Oracle, ενώ και τα δύο είδη κτηματολογικών δεδομένων μπορούν να προσεγγιστούν από το σύστημα του 3D κτηματολογίου, το οποίο περιλαμβάνει λειτουργίες όπως 3D κτηριακό μοντέλο και επεξεργασία, τοπολογία κτηρίου, διαχείριση και ανάκτηση δεδομένων, οπτικοποίηση και εξαγωγή των σχεδίων της 3D ιδιοκτησίας.



Εικόνα 1.14 : Οπτικοποίηση της 3D χωρικής έκτασης των κατασκευών

Πηγή : Guo et.al(2011)

#### 1.5.1.4 Συμπεράσματα

Αν και το Δίκαιο των Εμπράγματων Δικαιωμάτων έχει αναπτύξει την νομική ισχύ του 3D συστήματος Κτηματολογίου και νομικές εφαρμογές για την υποστήριξή του, η καταγραφή της γης ωστόσο δεν έχει προσαρμοστεί στην απαίτηση της διαχείρισης της χρήσης γης του χώρου και στην αστική ανάπτυξη. Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει κενό στις τρέχουσες διοικητικές διαδικασίες κατά την εφαρμογή ενός 3D

κτηματολογίου με τις διοικητικές διαδικασίες της χρήσης και της ανάπτυξης γης. Ωστόσο, οι διαθέσιμες 3D κτηματολογικές τεχνικές μπορούν να καλύψουν αυτό το κενό. Από τις πειραματικές εφαρμογές που πραγματοποιήθηκαν, έδειξαν ότι τα εμπορικά 3D λογισμικά δεν μπορούν να εκπληρώσουν την πλήρη λειτουργικότητα ενός 3D κτηματολογίου. Ο συνδυασμός διαφόρων υφιστάμενων 3D λογισμικών, και η προσαρμογή σε ορισμένες λειτουργίες τους αποτελεί μια διαθέσιμη προσέγγιση που όμως δεν εγκυάται την καλύτερη δυνατή απόδοση του 3D συστήματος Κτηματολογίου, καθώς οι λειτουργίες των διαφορετικών λογισμικών δεν επικοινωνούν μεταξύ τους.

Επιπλέον στην Κίνα, έχει αναπτυχθεί ένα μοντέλο κτηματολογίου που προσανατολίζεται στην ενιαία καταχώριση ακινήτων της Κίνας, με βάση την CCDM. Το νέο αυτό κτηματολογικό μοντέλο βασίζεται στο νομικό πρότυπο κτηματολογικού μοντέλου και ανακατασκευάζεται από το τρέχον μοντέλο, περιλαμβάνοντας πληροφορίες για τα γεωτεμάχια, τις χρήσεις γης, τα παρακολουθήματα, τα ενυπόθηκα δάνεια, την περιοχή διοίκησης και τον ιδιοκτήτη. Το μοντέλο αξιολογείται από ένα πρωτότυπο σύστημα, που ενσωματώνει τα δικαιώματα ακίνητης περιουσίας. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η ενιαία καταχώριση ακινήτων στην Κίνα, ενώ ταυτόχρονα ενσωματώνεται στο Κτηματολόγιο της χώρας η διαχείριση των δικαιωμάτων της γης.

Τέλος, όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι η κυβέρνηση της Κίνας πειραματίζεται πάνω στα θέματα ανάπτυξης του Κτηματολογίου, καθώς επιθυμεί να επιτυγχάνει τη βέλτιστη διαχείριση της γης και των δικαιωμάτων της, που αποδεικνύεται πολύπλοκη λόγω του μεγάλου πληθυσμού της.

### 1.5.2 Κτηματολόγιο Αυστραλίας

Η Αυστραλία αποτελεί μια ομοσπονδία, που λειτουργεί ξεχωριστά κτηματολογικά συστήματα σε κάθε πολιτεία και επικράτεια. Τα συστήματα αυτά έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ανάπτυξης της Αυστραλίας. Πιο συγκεκριμένα, η Αυστραλία είναι μια χώρα που πρωτοπορεί στην ανάπτυξη του Κτηματολογίου καθώς ήδη από το 1997 θέσπισε νομικά την έννοια της τρισδιάστατης ιδιοκτησίας. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη διαχείρισης των ιδιοκτησιών που δομούνται κυρίως στα αστικά κέντρα και τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύπλοκες και πολυεπίπεδες δομές. Παρόλα αυτά, το κτηματολόγιο της Αυστραλίας περιέχει μόνο δισδιάστατες απεικονίσεις, οι οποίες ονομάζονται subdivision plans και είναι αυτές που χρησιμοποιούνται και στην τρισδιάστατη απεικόνιση.

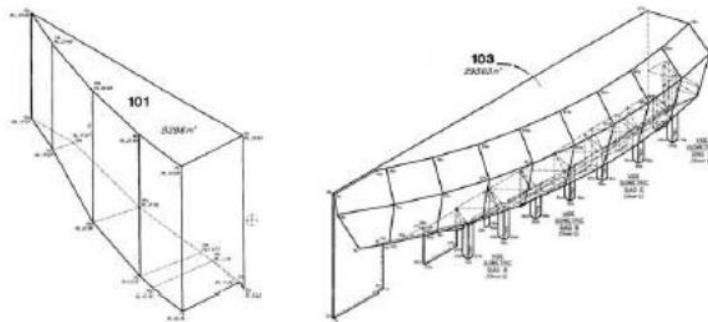
Σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο της Αυστραλίας, ένα γεωτεμάχιο εκτείνεται απεριόριστα τόσο σε βάθος όσο και σε ύψος από την επιφάνεια της γης εκτός και αν ισχύουν κάποιοι περιορισμοί. Ακόμη, ορίζονται τέσσερις τύποι γεωτεμαχίων, που είναι οι εξής :

- Δομημένο Τμήμα (Building Parcels) : περιγράφουν το κτήριο, το οποίο ορίζεται από τους τοίχους, τους ορόφους και την στέγη
- Περιορισμένα Γεωτεμάχια (Restricted Parcels) : τα γεωτεμάχια αυτά υπόκεινται σε περιορισμούς των διακωμάτων σε ορισμένη απόσταση είτε σε ύψος είτε σε βάθος είτε και στα δύο, από την επιφάνεια του εδάφους.

- Ογκομετρικά Γεωτεμάχια ( Volumetric Parcels) : τα γεωτεμάχια αυτά ορίζονται αποκλειστικά από επιφάνειες και αναπαριστούν τον όγκο επί του οποίου ασκείται το εμπράγματο δικαίωμα.
- Υπόλοιπα Γεωτεμαχίου (Remainder Parcels) : τα γεωτεμάχια αυτά αποτελούν το εναπομένον τμήμα του γεωτεμαχίου από το δομημένο τμήμα- κτήριο ή το ογκομετρικό τμήμα.

Αντίστοιχα, υπάρχουν τρεις τύποι σχεδίων για την αναπαράσταση των γεωτεμαχίων και είναι οι εξής :

- Πρότυπη μορφή Σχεδίου (Standard Format Plan), όπου η επιφάνεια του εδάφους ορίζεται από ένα οριζόντιο επίπεδο και απεικονίζονται οι συντεταγμένες των σημείων πάνω στο έδαφος
- Δομημένη Μορφή Σχεδίου (Building Format Plan), όπου περιλαμβάνει την περιγραφή των δομικών στοιχείων του κτηρίου
- Ογκομετρική Μορφή Σχεδίου ( Volumetric Format Plan), όπου χρησιμοποιεί 3D σημεία για να οριστεί το σχήμα, η θέση και ο προσανατολισμός της κάθε επιφάνειας ορίου ώστε να περιγραφεί το ογκομετρικό τεμάχιο.



Εικόνα 1.15 : Παραδείγματα 3D ογκομετρικών γεωτεμαχίων  
 Πηγή : Stoter (2004)

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το Δίκαιο της Αυστραλίας έχει εισάγει την έννοια της τρίτης διάστασης στο νομικό του πλαίσιο, όμως τεχνικά θέματα δυσκολεύουν την ανάπτυξη του τρισδιάστατου Κτηματολογικού Συστήματος στην χώρα. Παρόλα αυτά, οι πολιτείες Queensland και Victoria έχουν αναπτύξει αξιόλογα πειραματικά 3D Κτηματολογικά Συστήματα, τα κύρια χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται στην συνέχεια. Ακόμη, περιγράφεται το 3D ePlan/LandXML σύστημα απεικόνισης, που απεικονίζει και αναπαριστά τις κατασκευές και τα σχετικά δικαιώματα σε 3D.

### 1.5.2.1 3D Κτηματολόγιο Queensland

Το θεσμικό πλαίσιο της πολιτείας του Queensland, διαθέτει το υπόβαθρο για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου Κτηματολογικού Συστήματος. Όσον αφορά τις πληροφορίες του συστήματος αυτού, οι τρισδιάστατες πληροφορίες των ιδιοκτησιών περιλαμβάνονται στην περιγραφική βάση δεδομένων, χωρίς όμως να απεικονίζονται τρισδιάστατα, ενώ τα όρια των τρισδιάστατων ιδιοκτησιών αναπαριστώνται στον δισδιάστατο κτηματολογικό χάρτη. Ακόμη, οι τίτλοι των γεωτεμαχίων περιέχουν λεπτομερή τρισδιάστατη πληροφορία, η οποία αναπαριστάται από τα ανάλογα διαγράμματα σε κάθε περίπτωση. Όλες οι συντεταγμένες που είναι απαραίτητες για



την οριοθέτηση της 3D ιδιοκτησίας βρίσκονται στους τίτλους με αναφορές και αποστάσεις και προσδιορίζονται όταν η πληροφορία εισάγεται μέσα στην κτηματολογική βάση δεδομένων.

Για την ανάπτυξη του τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος στο Queensland χρησιμοποιήθηκαν όλα τα δεδομένα του υφιστάμενου κτηματολογίου και ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω :

Αρχικά, ο δισδιάστατος χάρτης μετατράπηκε σε Shapefile και προστέθηκε σε αυτό όλη η πληροφορία που αφορά τα ιδιοκτησιακά δικαιώματα αλλά και οι κτηματολογικές παρατηρήσεις από τα σχέδια. Στη συνέχεια, το Shapefile αυτό εισήχθη στο πρότυπο και τα δισδιάστατα πολύγωνα μετατράπηκαν σε τρισδιάστατα αντικείμενα με εξώθηση βάσει του μετρημένου ύψους και παρουσιάστηκαν σε 4 διαφορετικά συστήματα απεικόνισης ώστε να αξιολογηθούν και να επιλεγεί η βέλτιστη πλατφόρμα ανάπτυξης για την 3D κτηματολογική απεικόνιση. Τελικά, επιλέχθηκε το περιβάλλον ArcGlobe ως βασική μηχανή ανάπτυξης του προτύπου, και εφαρμόστηκε σε τρία εννοιολογικά επίπεδα με χρήση ArcGlobe, Adobe συστατικών και VB.Net.

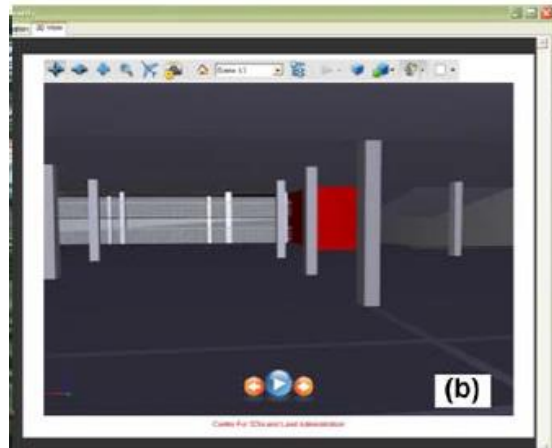
Στο σύστημα αυτό υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων από μια ευρεία ποικιλία κοινών μορφοτύπων δεδομένων όπως ESRI Shapefile, Personal Geodatabase, KML, DWG, 3D PDF, και 3DD αλλά και από κοινές χωρικές βάσεις δεδομένων όπως Oracle, SQLServer, και PostgreSQL / PostGIS, που μπορούν να επικοινωνήσουν με το σύστημα. Επιπλέον το σύστημα έχει πρόσβαση σε διαδικτυακές υπηρεσίες OGC όπως Web Map Service (WMS) και Web Coverage Service (WCS).

Στην επεξεργασία, επιλέχθηκε το VB.Net που παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης των απαιτούμενων λειτουργιών και αναλύσεων για τη διαχείριση των 3D ιδιοκτησιών, ενώ στην απεικόνιση το ArcGlobe καθώς δίνει την δυνατότητα απεικόνισης με επάρκεια δορυφορικών εικόνων από το διαδικτυακό κέντρο πληροφοριών του ArcGIS, τοπογραφικών χαρτών εδάφους, 3D συμβολισμών, και υποστηρίζει τη γεωμετρία MultiPatch( μία γεωμετρία της ESRI για απεικόνιση ορίων των 3D αντικειμένων).



Εικόνα 1.16 : Στιγμιότυπο του πρωτότυπου συστήματος  
Πηγή : Shojaei, (2013)

Επίσης, η απεικόνιση του συστήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω του 3D PDF. Για τη δημιουργία των 3D PDF αρχείων βάσει του τοπογραφικού σχεδίου, χρησιμοποιήθηκαν το Google SketchUp και το Simlab Soft plugin.



Εικόνα 1.17: Απεικόνιση υπόγειου χώρου στάθμευσης σε 3D PDF

Πηγή : Shojaei, (2013)

### 1.5.2.2 3D Κτηματολόγιο Victoria

Το σύστημα κτηματολογίου της πολιτείας της Victoria έχει ως μονάδα αναφοράς το γεωτεμάχιο. Στο σύστημα αυτό, οι δομές πάνω και κάτω από το επίπεδο του εδάφους δεν είναι καταχωρημένες στο κτηματολογικό χάρτη. Ωστόσο, σήραγγες και άλλα υπόγεια έργα ενδέχεται να έχουν εγγραφεί στον κτηματολογικό χάρτη. Ακόμη, τα δικαιώματα ιδιοκτησίας καταχωρούνται με βάση το 2D γεωτεμάχιο των subdivision plans. Όμως αυτή η μέθοδος καταγραφής δεν είναι σε θέση να καλύψει όλες τις περιπτώσεις της πολύπλοκης και πολυεπίπεδης πραγματικότητας των κατασκευών. Ένα τέτοιο παράδειγμα, είναι το κτήριο QV Building στη Μελβούρνη της Αυστραλίας (Εικόνα 1.18α). Το κτήριο αυτό διαθέτει 962 τμήματα που συμπεριλαμβάνουν υπόγειο χώρο στάθμευσης αυτοκινήτων, καταστήματα, εστιατόρια και κατοικίες. Στη ψηφιακή βάση δεδομένων του Κτηματολογίου (Digital Cadastre DataBase-DCDB) της Victoria, αποθηκεύονται και παρουσιάζονται σε ένα web-based σύστημα, οι πληροφορίες της κάθε ιδιοκτησίας (Εικόνα 1.18β). Με βάση το σχήμα β, η πολυεπίπεδη πραγματικότητα αντιπροσωπεύεται από ένα τμήμα. Αυτό το τμήμα περιέχει τα στοιχεία των γεωτεμαχίων (αριθμοί subdivision plan) που ανήκουν σε αυτή τη δομή. Για να αποκτηθεί πρόσβαση στις πληροφορίες RRRS για το κάθε ακίνητο, τα subdivision plans μπορούν να εντοπιστούν χρησιμοποιώντας τους αριθμούς τους.



Εικόνα 1.18 : α) Άποψη του QV Building, β) Απεικόνιση του QV Building στο DCDB της Victoria

Πηγή : α) Google Earth, 2012, β) <http://services.land.vic.gov.au/maps/interactive.jsp>



Από την Εικόνα 1.18 β) παρατηρείται ότι τα τρισδιάστατα αντικείμενα απεικονίζονται στις δύο διαστάσεις με αποτέλεσμα να μην αναπαριστώνται ικανοποιητικά όλα τα δικαιώματα. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου κτηματολογικού συστήματος που θα συμβάλλει όχι μόνο στη διαχείριση γης αλλά και σε άλλα πεδία εφαρμογής, όπως η προστασία του περιβάλλοντος, η κλιματική αλλαγή, ο αστικός σχεδιασμός και η λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση καταστροφών.

Τέλος, στην Victoria υπάρχει μια αυτόματη διαδικασία, η SPEAR, **Streamlined Planning through Electronic Applications and Referrals**, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των σχεδίων (CIF) (<http://www.spear.land.vic.gov.au/spear/>) κατά το χρόνο υποβολής για να μειώσει τα λάθη και να ενισχύσει την ακρίβεια των DCDB. Το Σύστημα SPEAR έχει αλλάξει τη διαδικασία παράδοσης των subdivision plans από μια μέθοδο που βασίζεται στο χαρτί σε μια ψηφιακή διαδικασία (Kalantari et al., 2009).

#### 1.5.2.3 Το 3D ePlan/LandXML Σύστημα Απεικόνισης

Το 3D ePlan/LandXML αποτελεί ένα πρωτότυπο web-based σύστημα, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες με στόχο να επιτρέψει σε ένα μεγάλο εύρος χρηστών την εξερεύνηση των 3D δικαιωμάτων ιδιοκτησίας. Η αρχιτεκτονική αυτού του πρωτότυπου συστήματος βασίζεται σε ένα πλαίσιο τριών στρωμάτων που περιλαμβάνει, την πρόσβαση σε δεδομένα, τη διαδικασία και την παρουσίαση των στρωμάτων που αντιπροσωπεύουν τα κτηματολογικά στοιχεία όπως Δικαιώματα, Περιορισμούς και Ευθύνες (**RightsRestrictionsResponsibilities**). Για την ανάπτυξη του πρωτότυπου συστήματος, μελετούνται και αναλύονται τα στοιχεία των subdivision plans και τα ψηφιακά τοπογραφικά σχέδια (ePLAN). Σε αυτό το πρωτότυπο web-based σύστημα, τα αρχεία 3D LandXML μετατρέπονται σε KML μορφή δεδομένων με Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT) και οπτικοποιούνται στο API του Google Earth. Επιπλέον, αποδίδουν πληροφορίες όπως η απόσταση, που βρίσκονται στα subdivision plans και αναπαριστώνται επίσης από το σύστημα.

Πιο συγκεκριμένα, ένα subdivision plan αποτελείται από δύο κύρια μέρη, το φύλλο των περιγραφικών πληροφοριών και τα διαγράμματα. Το πρώτο μέρος, περιέχει πληροφορίες σε μορφή κειμένου που αφορούν τη θέση του οικοπέδου, πληροφορίες για τα δικαιώματα, κλπ. Αντίθετα, το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει διαγράμματα για να περιγράψει τη γεωμετρία των δικαιωμάτων καθώς επίσης σχέδια και διαγράμματα διατομών. Υπάρχουν επίσης και άλλα είδη πληροφοριών που επισυνάπτονται στο subdivision plan, όπως η έκθεση του μηχανικού, οι παρατηρήσεις της μελέτης και οι συντεταγμένες για τη σαφή απεικόνιση των δικαιωμάτων.

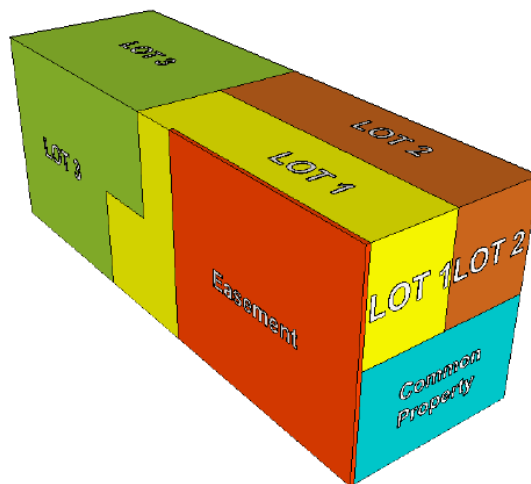
Το LandXML είναι μια υποστηριζόμενη XML μορφή δεδομένων που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή δεδομένων έργων πολιτικού μηχανικού και τοπογραφικών δεδομένων. Τα κύρια στοιχεία του LandXML σχήματος είναι:

- η Αρχικοποίηση, που καθορίζει τις μονάδες, το σύστημα συντεταγμένων και την εφαρμογή που στην ουσία αποτελεί την περιγραφή της εφαρμογής για την δημιουργία ενός αρχείου LandXML.

- τα Μεταδεδομένα, που περιλαμβάνουν κάποια περιγραφή για τα δεδομένα όπως όνομα, έκδοση, ημερομηνία, και σχόλια
- η Γεωμετρία, που είναι το κύριο μέρος του σχήματος και περιέχει γεωμετρικές πληροφορίες όπως συντεταγμένες, και επιφάνειες, και
- τα τοπογραφικά δεδομένα, που περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία τοπογράφησης, όπως οι παρατηρήσεις και τα μεταδεδομένα της διαμόρφωσης τοπογράφησης

Το μοντέλο δεδομένων ePLAN έγινε δεκτό ως το εθνικό μοντέλο δεδομένων και υιοθετήθηκε ως πρότυπο στην Αυστραλία. Το αρχείο των πληροφοριών του κτηματολογίου (CIF) αποτελεί ένα αρχείο LandXML που περιέχει πληροφορίες του subdivision plan με βάση το σχήμα ePlan.

Στη συνέχεια, απεικονίζεται ένα παράδειγμα 3D ePlan/LandXML αρχείου που δημιουργήθηκε από ένα subdivision plan της Victoria.



Εικόνα 1.19 : Παράδειγμα 3D μοντέλου ακινήτου στο ePlan

Πηγή : Kalantari et.al, (2012)

Όπως παρατηρείται στην εικόνα σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν πέντε όγκοι : τρία γεωτεμάχια, μια ιδιοκτησία και μια δουλεία. Για κάθε έναν όγκο, ένα VolumeGeom δημιουργείται και ονομάζεται με βάση τα χαρακτηριστικά του στο subdivision plan. Τα γεωτεμάχια, η δουλεία και ιδιοκτησία ταξινομούνται χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του σχήματος ePLAN. Εκτός από την γεωμετρία του subdivision plan, αποδίδονται και πληροφορίες που καταγράφονται στα αρχεία LandXML.

### 1.5.3 Κτηματολόγιο Ρωσικής Ομοσπονδίας

Η Ρωσική Ομοσπονδία κατευθύνεται αποφασιστικά προς τη δημιουργία ενός 3D κτηματολογίου για την καταγραφή και διαχείριση των πολύπλοκων κτηρίων και κατασκευών, όπως γέφυρες, σήραγγες, γραμμές του μετρό και υπόγεια δίκτυα (καλώδια και σωλήνες). Για το λόγο αυτό, ανέπτυξε το 2010 το πρόγραμμα "Μοντελοποίηση 3D Κτηματολογίου στη Ρωσία" με διάρκεια δύο χρόνια. Αυτό το έργο είναι το λεγόμενο Κυβέρνηση-προς-Κυβέρνηση (G2G) έργο στο οποίο Ρώσοι

και Ολλανδοί εταίροι συνεργάζονται, με την χρηματοδότηση του Υπουργείου Οικονομίας, Γεωργίας και Καινοτομίας της Ολλανδίας. Οι εταίροι του έργου είναι η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία για την δημόσια καταχώριση, το Κτηματολόγιο και η Χαρτογραφία (Rosreestr), το Ομοσπονδιακό Κέντρο Κτηματολογίου (FCC) «Zemlya» και το Ολλανδικό Kadaster, ενώ επίσης συμμετέχουν το Delft University of Technology, και οι Royal Haskoning BV και Grontmij Netherlands BV. Οι τελευταίοι εταίροι είναι υπεύθυνοι για την επιστημονική υποστήριξη και για την ανάπτυξη πρωτοτύπου για το 3D κτηματολόγιο στη Ρωσία και την διεξαγωγή ενός πιλοτικού. Το FCC «Zemlya» είναι μια δημόσια ενιαία επιχείρηση και είναι η κύρια οργάνωση στην ανάπτυξη ενός αυτοματοποιημένου συστήματος Κτηματολογίου. Το FCC «Zemlya» πραγματοποιεί επιστημονική και τεχνική συντήρηση για τις εφαρμοσμένες τεχνολογίες πληροφοριών και λογισμικού, και παρέχει και υποστηρίζει τη λειτουργία τους, καθώς αποτελεί το συντονιστή του έργου για το σχέδιο G2G.

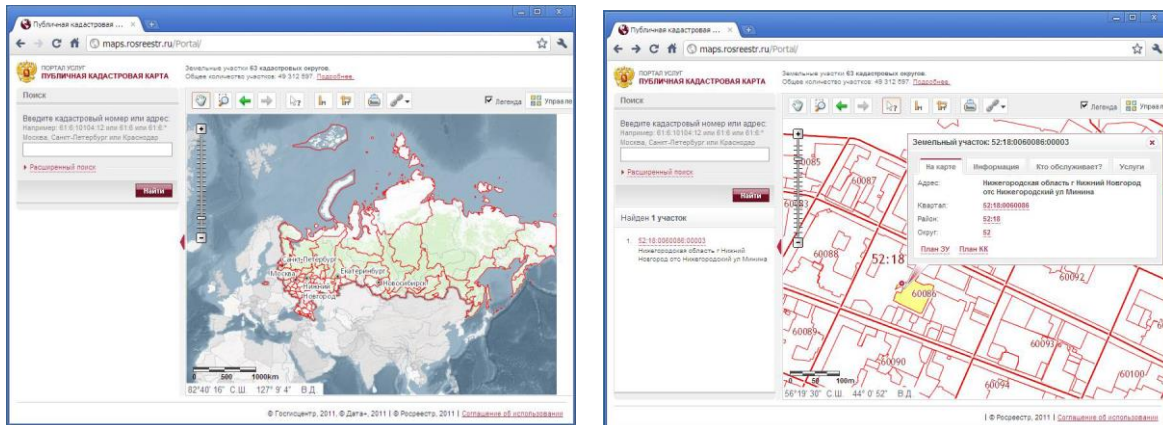
#### 1.5.3.1 Δομή Ρωσικού Κτηματολογίου

Η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία για την δημόσια καταχώριση, Κτηματολόγιο και Χαρτογραφία (Rosreestr) ιδρύθηκε από τη συγχώνευση τριών κυβερνητικών οργανισμών: Rosregistratsia, Rosnedvizhimost και Roskartografia (Κυβερνητικό διάταγμα της 1ης Ιουνίου 2009, η Νο 457). Με αυτή τη συγχώνευση δημιουργήθηκε ένας ενιαίος οργανισμός που είναι αρμόδιος για όλα τα καθήκοντα που σχετίζονται με την καταχώριση των δικαιωμάτων, την καταγραφή αγροτεμαχίων (Κτηματολογικού χάρτη) και την χαρτογράφησή τους. Το Rosreestr έχει περίπου 6.500 γραφεία και 60.000 μέλη του προσωπικού. Από την έναρξη της Ρωσικής Ομοσπονδίας έχουν καταχωρηθεί περίπου 80 εκατομμύρια αγροτεμάχια μαζί με τα συναφή δικαιώματα και περιορισμούς και τα εμπλεκόμενα μέρη (άτομα), με αποτέλεσμα να κατατάσσει το Rosreestr σε ένα από τα μεγαλύτερα κτηματολόγια του κόσμου. Επιπλέον, πληροφορίες για τα αγροτεμάχια αλλά και για τα δικαιώματα πάνω σε αυτά είναι προσβάσιμες στο διαδίκτυο από το ευρύ κοινό (Εικόνα 1.19).

Το ρωσικό κτηματολόγιο καταγράφει πέντε τύπους αντικειμένων : 1.Αγροτεμάχια, 2.Κτήρια, 3.Διαμερίσματα, 4.Άλλες κατασκευές (γέφυρες, αγωγοί κλπ), 5. Ημιτελή αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα υπό κατασκευή (κτήρια, γέφυρες, σωληνώσεις, κ.λπ.)

Το υφιστάμενο σύστημα καταγραφής γεωτεμαχίων βασίζεται σε 2D πολύγωνα, πράγμα που σημαίνει ότι το όριο μεταξύ δύο γειτονικών αγροτεμαχίων επαναλαμβάνεται (πλεονασμός). Η βάση δεδομένων περιέχει το πλήρες ιστορικό του γεωτεμαχίου από τη δημιουργία του και η κλίμακα των χαρτών διαφέρει για πρακτικούς λόγους από 1: 2.000 για αστικές περιοχές έως 1: 10.000 για αγροτικές περιοχές. Λόγω του μεγέθους της Ρωσικής Ομοσπονδίας χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων στους κτηματολογικούς χάρτες (3 ζώνες βαθμού). Η εφαρμογή αυτού του μοντέλου, τόσο η νομική όσο και η χωρική, πραγματοποιείται μέσω των δύο υφιστάμενων βάσεων δεδομένων των Rosreestr: τη

βάση δεδομένων του «Κτηματολογίου» και τη βάση δεδομένων «Εγγραφών». Το λογισμικό που χρησιμοποιείται περιλαμβάνει: Oracle 9, ArcGIS και ορισμένες τοπικά λογισμικά. Αρχικά, κάθε τρεις μήνες τα δεδομένα αντιγράφονται σε έναν κεντρικό server για online πρόσβαση στο διαδίκτυο σε δεδομένα σε εθνικό επίπεδο (στηριζόμενο στο MapInfo του MapExtreme), ενώ από το 2011 και μετά, προβλέπεται ότι η ενημέρωση θα πρέπει να εκτελείται σε καθημερινή βάση έτσι ώστε τα δεδομένα να απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 1.20 : Αποσπάσματα από την online διαδικτυακή πύλη και τα συναφή νομικά δικαιώματα

Πηγή : Vadysheva et al.(2011)

Ο νόμος περί Κτηματολογίου στη Ρωσική Ομοσπονδία είναι αρκετά γενικός, καθώς δεν αναφέρει αλλά ούτε και απαγορεύει την 3D ογκομετρική καταγραφή των γεωτεμαχίων.

### 1.5.3.2 Ανάγκη Ανάπτυξης 3D Κτηματολογίου

Για την περιοχή Nizhny Novgorod, που βρίσκεται περίπου 450 χιλιόμετρα ανατολικά της Μόσχας, επιλέχθηκαν 5 αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις που χρήζουν 3D καταγραφής και θα συμπεριληφθούν στο πιλοτικό 3D Κτηματολόγιο. Στην συνέχεια, περιγράφεται η 2D εγγραφή των πέντε αυτών περιπτώσεων.

*Περίπτωση 1: Το κτήριο Teledom (κοντά στον πύργο της τηλεόρασης)*



*Εικόνα 1.21 : Απόψη του κτηρίου Teledom*

*Πηγή : Vadysheva et al.(2011)*

Το κτήριο αυτό είναι καταγεγραμμένο με έναν από τους παλαιότερους τύπους εγγραφής στην τεχνική βάση δεδομένων του κτηρίου, συμπεριλαμβάνοντας τις κατοψεις του. Τα δικαιώματα των διαφόρων μονάδων καταχωρούνται μεμονωμένα στο μητρώο δικαιωμάτων. Το κτήριο διαθέτει τμήματα κάτω από την επιφάνεια και προβόλους πάνω στον αέρα. Στην παλιά καταχώριση, τα δάπεδα είναι είτε σε μορφή DWG ή απεικονίζονται σε σαρωμένες εικόνες. Το υπόγειο (υπόγειος χώρος στάθμευσης) και οι 2 πρώτοι όροφοι ανήκουν σε τράπεζα. Ο δεύτερος ιδιοκτήτης έχει μια πολυ-όροφη στήλη (ίδιο μέρος σε κάθε όροφο) πάνω από την τράπεζα και μισθώνει τους διαφορετικούς ορόφους σε διαφορετικούς χρήστες. Η μίσθωση στη Ρωσία διαρκεί περισσότερο από ένα έτος και πρέπει να καταχωρηθεί. Το κτήριο αποτελείται από συνολικά 20 διαμερίσματα, που ανήκουν σε 10 διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Το κτήριο διαθέτει επίσης προβόλους, όσο το δυνατόν ψηλότερα από το γειτονικό γεωτεμάχιο με καταστήματα και επίσης όσο το δυνατόν ψηλότερα από δημόσιο δρόμο / πεζοδρόμιο.

*Περίπτωση 2. Συγκρότημα διαμερισμάτων*



*Εικόνα 1.22 : Απόψη Συμπλέγματος Διαμερισμάτων*

*Πηγή : Vadysheva et al.(2011)*

Η περίπτωση αυτή παρέχει μια πιο "κανονική" 3D διαμόρφωση με δικαιώματα ιδιοκτησίας 88 διαμερισμάτων για στέγαση και 7 διαμερισμάτων για μη οικιστικούς

σκοπούς. Ο υπόγειος χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων ανήκει από κοινού στους ιδιοκτήτες και υπάρχουν 6 εγγεγραμμένες υποθήκες επί οικιστικών μονάδων. Το γεωτεμάχιο ανήκει από κοινού και είναι το λεγόμενο ημιτελές αντικείμενο (αντικείμενο κάτω κατασκευή) στο πλαίσιο της καταχώρισης.

### Περίπτωση 3 : Συγκρότημα " Nizhny Stolitsa"



Εικόνα 1.23: Απόψη Συγκροτήματος " Nizhny Stolitsa"

Πηγή : Vadysheva et al.(2011)

Αυτό το συγκρότημα περιλαμβάνει ένα κτήριο με 14 ορόφους, που περιέχουν μη οικιστικά ακίνητα 5 μονάδων, κοινή συνιδιοκτησία 21 γραφείων, 15 μισθωμένα διαμερίσματα και υπόγειο χώρο στάθμευσης. Ακόμη, υπάρχει καταγεγραμμένη μια υποθήκη. Το οικόπεδο είναι μισθωμένο από τους ιδιοκτήτες των χώρων.

### Περίπτωση 4 : Παράδειγμα Αγωγού Αερίου



Εικόνα 1.24 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Χάρτη όπου απεικονίζεται αγωγός ενδιάμεσης πίεσης

Πηγή : Vadysheva et al.(2011)

Ο αγωγός αερίου βρίσκεται εν μέρει πάνω και εν μέρει κάτω από το έδαφος, από τη πηγή στον λέβητα εγκατάστασης. Ο αγωγός περνά από τις διασταυρώσεις εγκαταστάσεων θέρμανσης μέσω ενδιάμεσων αγωγών πίεσης και διαπερνάει αρκετές



γεωτεμάχια που ανήκουν σε διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Το συνολικό μήκος αυτής της γραμμής είναι 285.7m, με 12,5 m πάνω από το έδαφος και 273.2m κάτω από αυτό.

*Περίπτωση 5: Αγωγός Χαμηλής Πίεσης*



Εικόνα 1.24 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Χάρτη όπου απεικονίζεται αγωγός χαμηλής πίεσης

Πηγή : Vadysheva et al.(2011)

Στην περίπτωση αυτή ο αγωγός φυσικού αερίου, βρίσκεται και πάλι εν μέρει πάνω και κάτω από το έδαφος, από τη πηγή στον κλίβανο. Ο αγωγός χαμηλής πίεσης περνάει από πολλά γεωτεμάχια με διαφορετικούς ιδιοκτήτες. Το συνολικό μήκος του αγωγού είναι 183.24m, εκ των οποίων δύο μέρη (8,7 m και 2,4 m) βρίσκονται πάνω από το έδαφος ενώ το μεγαλύτερο μέρος του αγωγού 172.14m βρίσκεται υπογείως.

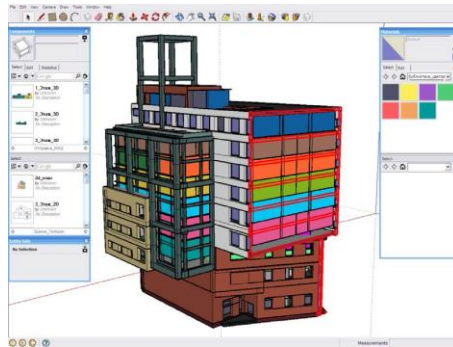
**1.5.3.3 Χαρακτηριστικά 3D Μοντέλου**

Το εννοιολογικό μοντέλο 3D-κτηματολογίου που αναπτύχθηκε βασίζεται στο 19152 LADM ISO. Το μοντέλο αυτό προσαρμόστηκε στο ρωσικό περιβάλλον και εστίασε σε 5 τύπους ιδιοκτησιακών αντικειμένων (γεωτεμάχια, κτήρια, εγκαταστάσεις, κατασκευές και ημιτελή έργα κατασκευής). Δεδομένου ότι το μοντέλο προέρχεται από το 2D κτηματολόγιο και το υπάρχον καθεστώς καταγραφής της Ρωσίας, επιλέχθηκε η αναπαράσταση των 3D αντικειμένων ως πολυέδρα (ο όγκος περιορίζεται από επίπεδες επιφάνειες). Οι καμπύλες επιφάνειες των αντικειμένων αυτών, όπως αγωγοί και καλώδια προσεγγίζονται με multi-polylines με διαμέτρους. Όσον αφορά την τεχνική εφαρμογή, πραγματοποιήθηκε ενσωμάτωση της υπάρχουσας 2D πύλης και σύνδεσή της με ένα νέο 3D Viewer.

Για την ανάπτυξη του προτύπου και ελέγχου των περιπτώσεων, αποκτήθηκε ένα πακέτο δεδομένων και επεξεργάστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου, το οποίο περιλαμβάνει:

- τοπογραφικό χάρτη βάσης και ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους
- κτηματολογικά δεδομένα που περιλαμβάνουν τα όρια και τα χαρακτηριστικά των κτηματολογικών μπλοκ και των γεωτεμαχίων
- πληροφορίες σχετικά με την εγγραφή των γεωτεμαχίων, κτηρίων, εγκαταστάσεων και των δομών
- τεχνική τεκμηρίωση συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών διαγραμμάτων με κατόψεις, κ.λπ

Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το πρότυπο του 3D κτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκαν κατόψεις και πρόσθετες πληροφορίες, ενώ τα 3D μοντέλα των κτηρίων αναπτύχθηκαν αντικατοπτρίζοντας τα χαρακτηριστικά του όγκου των εγκαταστάσεων με ταυτόχρονη αναπαράσταση των αντίστοιχων κατόχων δικαιωμάτων με συμβατικά χρώματα.



Εικόνα 1.25 : Κτήριο Teledom με τις διάφορες 3D μονάδες στο στάδιο της προετοιμασίας στο Google SketchUp

Πηγή : Elizarova et al.(2012)

Σε κάθε μονάδα ιδιοκτησίας αντιστοιχεί ένας πίνακας χαρακτηριστικών που περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία από το κτηματολόγιο και το μητρώο εγγραφών καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου.

#### 1.5.3.4 Ανάπτυξη Προτύπου

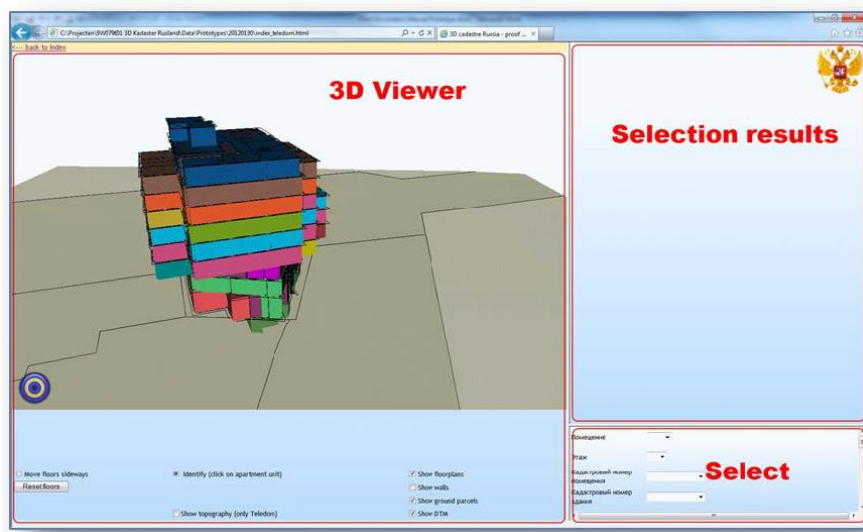
Το πρότυπο αναπτύχθηκε για να συγκεντρωθούν οι προϋποθέσεις για τη λειτουργικότητα ενός 3D Viewer κτηματολογίου που είναι σε θέση να εμφανίσει τόσο τα 3D αντικείμενα, όσο και τη νομική κτηματολογική πληροφορία τους. Το πρότυπο αυτό συνεργάζεται με τον Internet Explorer και το Firefox σε συνδυασμό με ένα plugin (BS Contact) για την οπτικοποίηση και την αλληλεπίδραση με τα 3D αντικείμενα.

Η διεπαφή αποτελείται από τρία κύρια συστατικά που είναι :

- 1) Το ίδιο το 3D Viewer, επιτρέποντας διάφορες επιλογές για την απεικόνιση ενός αντικειμένου και των μερών του
- 2) το παράθυρο Selection που επιτρέπει διάφορες επιλογές για την επιλογή και την οπτικοποίηση των 3D τμημάτων μέσα στο 3D αντικείμενο σύμφωνα με δεδομένα κριτήρια,
- 3) Το παράθυρο Selection Results που επιτρέπει την προβολή των πληροφοριών σύμφωνα με τα επιλεγμένα αντικείμενα.

Το πρότυπο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη ανάλογα με την ιδιότητά του, να έχει πρόσβαση στα δεδομένα και να επιλέγει το είδος των δεδομένων που επιθυμεί να εμφανίσει κάθε φορά. Οι επιλογές που έχει είναι πολλές και αφορούν τόσο περιγραφικές (όνομα ιδιοκτήτη, id των κτηματολογικών αντικείμενο, διεύθυνση, κ.λπ.) όσο και χωρικές (2D κτηματολογικός χάρτης, τοπογραφικός χάρτης, 3D μοντέλο) πληροφορίες.





Εικόνα 1.26 : Απόσπασμα από την εφαρμογή του προτύπου

Πηγή : Πηγή : Elizarova et al.(2012)

Τον Απρίλιο του 2012 πραγματοποιήθηκε η πιλοτική εφαρμογή του προτύπου και αξιολογήθηκε η λειτουργία του καθώς επίσης συζητήθηκαν και μελλοντικές εξελίξεις από τους Ολλανδούς και Ρώσους εταίρους. Ακόμη, συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους εμπειρογνώμονες που έλαβαν μέρος στην πειραματική εφαρμογή του προτύπου. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά ενώ δόθηκαν προτάσεις ουτως ώστε οι χρήστες του συστήματος να ενημερώνονται και να εκπαιδεύονται ώστε να μπορούν να εκμεταλλεύονται όλες τις δυνατότητες της εφαρμογής.

## 2. Η ΤΡΙΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (Σ.Γ.Π)

Τα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π), ευρέως γνωστά ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή χωρικά (spatial), ενώ επίσης παρέχετε και η δυνατότητα συσχέτισής τους με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν μοναδικά.

Στα μέσα του 1960 δημιουργήθηκε το πρώτο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System), το οποίο έδωσε το έναυσμα για την εξέλιξη των δισδιάστατων χαρτών και τη διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών. Από τότε, η αγορά στον τομέα των Σ.Γ.Π. έχει εξελιχθεί αρκετά, αναπτύσσοντας πλήθος εφαρμογών, αποδεικνύοντας τη χρησιμότητα των συστημάτων αυτών, στην διαχείριση και ανάλυση των δισδιάστατων κτηματολογικών δεδομένων. Εδώ και μια δεκαετία περίπου έχει εισαχθεί η έννοια της τρίτης διάστασης στα Σ.Γ.Π, καθώς η δισδιάστατη απεικόνιση των χωρικών πληροφοριών δεν είναι σε θέση να καταγράψει την πολυπλοκότητα του χώρου και των εμπράγματων δικαιωμάτων του πραγματικού τρισδιάστατου κόσμου. Ένα 3D Σ.Γ.Π. είναι στην ουσία ένα 2D Σ.Γ.Π, με την ειδοποιό διαφορά ότι η πληροφορία αναφέρεται σε 3D χωρικά φαινόμενα.

Η πιο σημαντική διαφορά ενός Σ.Γ.Π. με άλλα λογισμικά είναι η δυνατότητα εκτέλεσης χωρικής ανάλυσης και της απεικόνισής της. Στην πράξη αυτό σημαίνει, ότι τα μοντέλα όσον αφορά την τοπολογία, την γεωμετρία, το δίκτυο, κ.τ.λ., πρέπει να καθοριστούν εκ των προτέρων. Όταν τα μοντέλα είναι διαθέσιμα, μπορούν να χαρτογραφηθούν σε δομές βάσεων δεδομένων ή μορφές αρχείων (π.χ. gml, kml, shp, dxf) και να χρησιμοποιηθούν για διαχείριση ή ανταλλαγή μέσω διαδικτύου και μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών. Σήμερα, μπορούν να εκτελεστούν αποτελεσματικά και με ακρίβεια πολλές εργασίες στα περισσότερα 2D Σ.Γ.Π. λογισμικά που είναι διαθέσιμα στην αγορά, χωρίς όμως αυτά τα συστήματα να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των τρισδιάστατων εργασιών. Ένα 3D Σ.Γ.Π. θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει πληροφορία για χωρικά φαινόμενα με την εκτέλεση εργασιών που το 2D παρέχει ήδη, όπως την καταγραφή χωρικών δεδομένων στο σύστημα, τη δόμηση χωρικών δεδομένων σε μια γεωβάση, αλλά και ανάλυση και απεικόνιση, οπτικοποίηση του αποτελέσματος. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι περισσότερες από τις πρόσφατες διαθέσιμες διαδικτυακές εφαρμογές στοχεύουν στην απεικόνιση 3D δεδομένων και σπάνια εστιάζουν στην επεξεργασία και ανάλυσή τους (Zlatanova, 2013).

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί ραγδαίες εξελίξεις στο πεδίο της τρισδιάστατης απεικόνισης, και ιδιαίτερα στον τομέα της πλοήγησης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι έχουν πάψει να ισχύουν οι τεχνικοί περιορισμοί στην χρήση της τρίτης διάστασης τόσο λόγω της αυξημένης υπολογιστικής ισχύς όσο και λόγω της ανάπτυξης εργαλείων για την 3D απεικόνιση. Απεικονιστικά τρισδιάστατα περιβάλλοντα όπως η Google Earth και η Microsoft Virtual Earth που λειτουργούν στο διαδίκτυο, έχουν καταστήσει την προσβαση και την απεικόνιση των 3D

δεδομένων πιο ρεαλιστική εξοικιώνοντας το ευρύ κοινό και συμβάλλοντας στην ανάπτυξη τρισδιάστατων Σ.Γ.Π.

Ενώ η γεωμετρία καθορίζει που βρίσκεται το 3D αντικείμενο στο χώρο, η τοπολογία περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όπως είναι η γειτνίαση, η έγκληση, η επικάλυψη. Συνεπώς, η τοπολογία μπορεί να λειτουργήσει σαν συμπλήρωμα της γεωμετρίας καθώς επίσης σαν το θεμέλιο των περισσότερων χωρικών λειτουργιών. Για παράδειγμα, για να βρεθεί η γειτνίαση των αντικειμένων πρέπει να μελετηθεί η γεωμετρία για ανεύρεση κοινών σημείων, γραμμών και πολυγώνων που είναι παρακείμενα, κάτι το οποίο απαιτεί πολύ διερεύνηση, υπολογισμό και σύγκριση μεταξύ της γεωμετρίας των αντικειμένων. Επειδή η τρισδιάστατη πληροφορία είναι πολύ πιο σύνθετη και έχει υψηλότερη ποιότητα, αυτοί οι υπολογισμοί είναι σίγουρα πιο ακριβείς σε 3D παρά σε 2D πληροφορία.

Τελικά ένα τρισδιάστατο Σ.Γ.Π πρέπει να μπορεί να εκτελεί χωρικές λειτουργίες, όπως:

- λειτουργίες ανάκτησης, όπως ποια είναι η τρέχουσα πληροφορία για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο
- λειτουργίες ερωτημάτων(queries), όπως ανάκτηση δεδομένων που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες
- ενιαία ανάλυση χωρικών και σημασιολογικών δεδομένων, όπως ταξινόμηση, μέτρηση, κτλ.
- λειτουργίες γειτνίασης, όπως αναζήτηση, τοπογραφικές λειτουργίες.
- λειτουργίες συνδεσιμότητας, ζωνών επιρροής (buffering), κτλ.
- υπολογισμό αποστάσεων, εμβαδού και όγκου (3D μόνο)

Δυστυχώς, μέχρι και σήμερα οι περισσότερες από τις παραπάνω λειτουργίες, είναι διαθέσιμες μόνο στις δύο διαστάσεις. Πολλά πακέτα Σ.Γ.Π είναι σε θέση να κατασκευάσουν 2D τοπολογικά μοντέλα, ενώ ταυτόχρονα κάποια CAD πακέτα παρέχουν εργαλεία για τον έλεγχο της τοπολογικής συνέπειας. Έτσι κατά την μετάβαση από τον διδιάστατο στον τρισδιάστατο χώρο, αυξάνεται η πολυπλοκότητα των σχέσεων με αποτέλεσμα να υπάρχει απαίτηση για νέες προσεγγίσεις, κανόνες και απεικονίσεις.

Η επιτυχία ενός τρισδιάστατου G.I.S εξαρτάται από την ανάπτυξη αποτελεσματικών τρισδιάστατων μοντέλων, το οποίο θα έχει την ιδιότητα της διαλειτουργικότητας. Πολλοί ειδικοί και εταιρίες εξετάζουν την τρίτη διάσταση και μελετούν την ανάπτυξη ενός διαλειτουργικού 3D μοντέλου, χωρίς όμως να είναι σε θέση να αναπτύξουν ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το οποίο θα εξυπηρετήσει όλους τους τομείς εφαρμογών. Παρόλα αυτά, δεν δείχνει ιδιαίτερα δύσκολη η ανάπτυξη ενός βασικού 3D ενιαίου μοντέλου (3DIM), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο αναφοράς σε πολλαπλές εφαρμογές. Για πολλές δεκαετίες, τον ρόλο αυτό κατείχαν για τις δύο διαστάσεις οι τοπογραφικοί χάρτες. Κατά αυτόν τον τρόπο, και στις τρεις διαστάσεις είναι αναγκαία η δημιουργία ενός ενιαίου μοντέλου που θα καλύπτει τις σύγχρονες ανάγκες των αγορών και της έρευνας σε όλα τα επίπεδα, με αποτέλεσμα να παρακαμφθεί η εμφάνιση χιλιάδων διαφορετικών μοντέλων.

## 2.1 Τρισδιάστατη (3D) Μοντελοποίηση

Η τρισδιάστατη Μοντελοποίηση ή διαφορετικά 3D Μοντελοποίηση ή 3D Modelling όπως αναφέρεται στην αγγλική ορολογία, είναι η διαδικασία ανάπτυξης μιας μαθηματικής αναπαράστασης κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας ενός αντικειμένου μέσω εξειδικευμένου λογισμικού. Το προϊόν της διαδικασίας αυτής ονομάζεται 3D μοντέλο και μπορεί να δημιουργηθεί είτε αυτόματα, είτε χειροκίνητα.

Σήμερα, τα 3D μοντέλα βρίσκουν ευρεία εφαρμογή σε διάφορους τομείς. Από την ιατρική βιομηχανία, που χρησιμοποιεί λεπτομερή 3D μοντέλα των οργάνων, τη βιομηχανία του κινηματογράφου, που χρησιμοποιεί 3D μοντέλα ως χαρακτήρες και ως αντικείμενα για τα κινούμενα σχέδια, αλλά και για κινηματογραφικές ταινίες της πραγματικής ζωής, τη βιομηχανία των βιντεοπαιχνιδιών που τα χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη για τη δημιουργία των παιχνιδιών, μέχρι τον τομέα των υποδομών και της χαρτογράφησης, που χρησιμοποιεί τα τρισδιάστατα μοντέλα για την απεικόνιση της φυσικής γήινης επιφάνειας και των αντικειμένων που βρίσκονται πάνω σε αυτή. Τα τελευταία μοντέλα ονομάζονται ως 3D γεωμετρικά μοντέλα.

Τα 3D μοντέλα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- τα στερεά- συμπαγή (Solid)- γεωμετρικά μοντέλα : που καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν, με αποτέλεσμα να είναι πιο ρεαλιστικά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε προσομοιώσεις της ιατρικής, σε συστήματα CAD και σε εξειδικευμένες εφαρμογές γραφικών
- τα οριοθετημένα (Shell/ boundary) – τοπολογικά μοντέλα : που αντιπροσωπεύουν την επιφάνεια, π.χ. το όριο ενός αντικειμένου, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολα στην ανάπτυξη τους από ότι τα στερεά μοντέλα. Σχεδόν όλα τα εικονικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ταινίες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία
- σημασιολογικά μοντέλα, τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για ρεαλιστική και γρήγορη απεικόνιση: παρέχουν εκτεταμένα εργαλεία για τη δημιουργία γραφικής σκηνής, διατηρώντας τις υφές, το φωτισμό και τις κινούμενες εικόνες και διατηρούν –διαχειρίζονται την περιγραφική πληροφορία των αντικειμένων

Στην συνέχεια ακολουθεί πιο λεπτομερής περιγραφή των μοντέλων, των χαρακτηριστικών τους, της λειτουργίας τους και της χρήσης τους.

### 2.1.1 3D Γεωμετρικά Μοντέλα

Τα γεωμετρικά μοντέλα αποτελούν τα πιο απλά και γρήγορα 3D μοντέλα και απαιτούν από τα υφιστάμενα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) να είναι συμβατά για τη διαχείριση χωρικών δεδομένων. Τα μοντέλα αυτά, διατηρούν τις συντεταγμένες μαζί με τα αντικείμενα και οδηγούν σε μεγάλους όγκους δεδομένων, καθώς ένα ζεύγος συντεταγμένων μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές στην περιγραφή ενός από τα χαρακτηριστικά. Ωστόσο, η τρίτη διάσταση αποτελεί πρόκληση για τους προμηθευτές των ΣΔΒΔ που διαχειρίζονται τα χωρικά δεδομένα και για αυτό ακριβώς το λόγο έχουν πραγματοποιηθεί πειράματα από ερευνητές για

την διερεύνηση των δυνατοτήτων αποθήκευσης, χωρικών ερωτημάτων και της απεικόνισης χαρακτηριστικών με τις τρισδιάστατες συντεταγμένες τους. Τα ΣΔΒΔ σήμερα, έχουν την δυνατότητα να διατηρούν 3D δεδομένα με ένα σχετικά τυποποιημένο τρόπο, ενώ παράλληλα τα δεδομένα είναι προσπελάσιμα και απεικονίζονται σε πολλές εφαρμογές. Η Oracle spatial 11g έχει εφαρμόσει τον πρώτο 3D τύπο δεδομένων (πολύεδρο) και ακολούθησαν και άλλα ΣΔΒΔ.

### 2.1.2 3D Τοπολογικά Μοντέλα

Για την ανάπτυξη των 3D τοπολογικών μοντέλων έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες. Τα μοντέλα αυτά, προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και τις σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ των χωρικών στοιχείων, χρησιμοποιώντας τις αναγνωριστικές ιδιότητες όλων των στοιχείων και οι συντεταγμένες αποθηκεύονται αποκλειστικά στις κορυφές. Τα τοπολογικά μοντέλα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα, καθώς διατηρούν συνέπεια στα δεδομένα, περιορίζουν τον πλεονασμό στην αποθήκευση των δεδομένων και πραγματοποιούν χωρικές αναλύσεις που είναι εύκολο να εκτελεστούν. Όπως είναι λογικό, τα 3D τοπολογικά μοντέλα έχουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα από ότι τα 3D γεωμετρικά μοντέλα.

Έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σε έναν αριθμό θεμελιακών στοιχείων και σχέσεων και προτάθηκαν ποικίλα 3D μοντέλα όπως το 3D Formal Data Structure (3DFDS), Urban Data Model (UDM), Simplified Spatial Structure (SSS) και το Tetrahedral Network (TEN), παρόλα αυτά δεν υπάρχει ένα τοπολογικό μοντέλο που να τα συγχωνεύει. Πρόσφατα πραγματοποιήθηκε εκτενής έρευνα για το μοντέλο TEN, το οποίο αποτελεί ένα εξαιρετικά απλό και καλώς ορισμένο μοντέλο, που εξασφαλίζει τη διαχείριση των επίπεδων πρόσωπων και των κυρτών σχήματων. Ακόμη, το μοντέλο TEN μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μοντελοποίηση σχεδόν όλων των φυσικών και ανθρώπινων φαινομένων, κάνοντας την παραδοχή ότι τα πραγματικά τρισδιάστατα αντικείμενα είναι ογκομετρικά. Μια άλλη ενδιαφέρουσα πτυχή της 3D μοντελοποίησης είναι ότι επεκτείνεται περὶ των παραδοσιακών απλών χαρακτηριστικών- σημείο, γραμμές, πολύγωνα και στερεά. Η προδιαγραφή OGC Abstract προτείνει ένα εύρος από παραμετρικά και ελεύθερης μορφής σχήματα για να εφαρμοστούν στον τομέα των ΣΓΠ, αλλά επί του παρόντος κανένα πακέτο ΣΓΠ ή ΣΔΒΔ δεν μπορεί να τα διαχειριστεί. Η μονή επιλογή που είναι τώρα διαθέσιμη για συγχώνευση είναι η εισαγωγή του 3D ΣΓΠ μοντέλου στο πακέτο AEC. Ωστόσο, τέτοιες λύσεις μπορούν να διατηρηθούν μόνο μέσω των βιομηχανικών εμπορικών αρχείων.

### 2.1.3 3D Σημαιολογικά Μοντέλα

Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός εφαρμογών όπως η πολεοδομία, τα συστήματα πλοήγησης, η διαχείριση εγκαταστάσεων, η διαχείριση καταστροφών, οι περιβαλλοντικές προσομοιώσεις, δημιουργούνται κυρίως για σκοπούς απεικόνισης ως 3D εικονικά μοντέλα πόλης. Για την ανάπτυξη των μοντέλων αυτών, εκτός από τη γεωμετρία και την τοπολογία, θα πρέπει να προσδιοριστεί και η σημασιολογία των αντικειμένων. Πιο συγκεκριμένα, τα αντικείμενα αποσυντίθενται σε μέρη με βάση κάποια λογικά κριτήρια που δίδονται ή παρατηρούνται στον πραγματικό κόσμο. Τα σημασιολογικά 3D μοντέλα πόλης περιλαμβάνουν, εκτός από τα χωρικές και γραφικές πληροφορίες, την οντολογική δομή των αντικειμένων που απεικονίζονται,

συμπεριλαμβανομένων των θεματικών κατηγοριών, των χαρακτηριστικών και των αλληλεπιδράσεων.

Για τη 3D μοντελοποίηση αστικού τοπίου έχουν αναπτυχθεί ελάχιστα σημασιολογικά μοντέλα. Τα κτήρια και τα αντικείμενα εδάφους είναι τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την απεικόνιση ενός 3D μοντέλου πόλης. Κατά αυτό τον τρόπο, η τρέχουσα έκδοση του CityGML, αφορά αποκλειστικά την επιφάνεια του εδάφους και τα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω σε αυτή. Το CityGML είναι το μόνο 3D πρότυπο, που περιλαμβάνει και συνδυάζει την γεωμετρική, την τοπολογική και την σημασιολογική απεικόνιση στα εικονικά 3D μοντέλα πόλης. Αναλυτικότερη περιγραφή του λογισμικού αυτού, θα πραγματοποιηθεί στην συνέχεια του κεφαλαίου. Ακόμη, έχουν δημιουργηθεί και άλλα 3D σημασιολογικά μοντέλα, τα οποία αποτελούν πρότυπα, όπως το North American Data Model (μοντέλο δεδομένων της βορείου Αμερικής) και η Geology Science Markup Language(GeoSciML), που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση γεωλογικών φαινομένων, ενώ πολλές από αυτές τις απεικονίσεις είναι παραδείγματα της κατανομής του αστικού χώρου σε χαρακτηριστικά, χωρίς όμως να περιέχουν χαρτογράφηση των 3D γεωμετρικών απεικονίσεων.

## 2.2 Τεχνικές 3D Μοντελοποίησης

Οι τεχνικές για μοντελοποίηση τρισδιάστατων αστικών δομών ή εικονικών πόλεων (Virtual city) χρησιμοποιούν διαδικασίες για την επεξεργασία εικόνας αλλά και τη δημιουργία γεωμετρίας και τοπολογίας στις τρεις διαστάσεις. Υπάρχει μεγάλο εύρος τεχνικών και μεθόδων που οδηγούν στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Σε κάθε περίπτωση ανάλογα με την σκοπιμότητα της μελέτης και του αντικειμένου του τρισδιάστατου μοντέλου αλλά και τα διαθέσιμα δεδομένα επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος. Στη συνέχεια αναλύονται οι κυριότερες και πιο χρησιμοποιημένες τεχνικές 3D μοντελοποίησης.

### 2.2.1 Φωτογραμμετρικές Μέθοδοι

Η δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων με τη χρήση αεροφωτογραφιών και της μεθόδου της φωτογραμμετρίας, πραγματοποιείται κατά κόρον κατά την διαδικασία μοντελοποίησης πόλεων. Η συχνή χρήση της φωτογραμμετρίας οφείλεται στο ότι αποτελεί μια τεχνική με σχετικά χαμηλό κόστος και μικρό χρονικό διάστημα υλοποίησης. Ακόμη, η ακρίβεια που προσφέρει στην τρισδιάστατη απεικόνιση είναι ικανοποιητική για τις περισσότερες των εφαρμογών, ενώ επίσης δίνει την δυνατότητα να εξαχθεί τόσο γεωμετρική, όσο και σημασιολογική πληροφορία από εικόνες ακόμα και με χρήση υπερύθρων δεκτών.

Συνοπτικά, η ροή των διαδικασιών στη μέθοδο αυτή έχει ως εξής :

- ✓ εισάγονται οι αεροφωτογραφίες(είτε αναλογικές είτε ψηφιακές) σε ένα λογισμικό φωτογραμμετρικής μοντελοποίησης
- ✓ δημιουργούνται στερεομοντέλα από τα επικαλυπτόμενα ζεύγη αεροφωτογραφιών με την επιλογή κοινών σημείων μεταξύ των φωτογραφιών και γίνεται δυνατή η τρισδιάστατη απεικόνιση των αντικειμένων(φυσικών και τεχνητών)
- ✓ εντοπίζονται τα γεωμετρικά αντικείμενα στα στερεομοντέλο

- ✓ δημιουργείται το 3D μοντέλο με την τμηματοποίηση των σημείων σε χωριστά αντικείμενα, ενώ η μορφή του είναι ένας σκελετός
- ✓ δίνεται επίσης η δυνατότητα για την προσθήκη της υφής του μοντέλου είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα ώστε το τρισδιάστατο μοντέλο να είναι πιο ρεαλιστικό

Τέλος, η ακρίβεια και η ποιότητα του τελικού μοντέλου εκτιμάται από τις διαφορές μεταξύ των συντεταγμένων των εικόνων σημείων που έχουν σημειωθεί από το χρήστη πάνω στις εικόνες και από τις συντεταγμένες των εικόνων που έχουν υπολογισθεί με βαθμονόμηση της φωτογραφικής μηχανής.

### 2.2.2 Μοντελοποίηση βάση εικόνων

Η μοντελοποίηση βάση εικόνων ή Image-based modeling (IBM) όπως αναφέρεται στην αγγλική ορολογία, περιλαμβάνει την δημιουργία μοντέλων μέσω υπολογιστών και στηρίζεται στην πραγματική γεωμετρία των αντικειμένων. Πιο συγκεκριμένα, η μοντελοποίηση και η απόδοση μέσω εικόνων (image-based modeling and rendering, IBMR) βασίζονται σε ένα σύνολο δισδιάστατων εικόνων μιας σκηνής, με τελικό στόχο την παραγωγή ενός 3D μοντέλου, το οποίο θα παρέχει τη δυνατότητα όψης αυτής της σκηνής από διαφορετικές προοπτικές.

Όσον αφορά τα τρισδιάστατα μοντέλα κτηρίων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα λογισμικά IBM, απαιτούν πολλές εικόνες για τη δημιουργία του πλέγματος του τρισδιάστατου κτηρίου (3D building wireframe), ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν τις εικόνες αυτές, για να εφαρμόσουν τις υφές του κτηρίου στο τελικό μοντέλο. Τα IBM πακέτα που έχουν αναπτυχθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, επιτυγχάνουν υψηλό βαθμό ρεαλισμού, και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως σε αστικά μοντέλα που διανέμονται στο διαδίκτυο.

Ωστόσο, αρχικά παραδείγματα τέτοιου λογισμικού υστερούσαν σε ταχύτητα, αξιοπιστία και ακρίβεια και είχαν μεγάλες απαιτήσεις μνήμης. Σήμερα, αν και έχει σημειωθεί πρόοδος, οι διαδικασίες μοντελοποίησης με τέτοιου είδους λογισμικά είναι ακόμα σχετικά δύσκολες με αποτέλεσμα αυτή η τεχνική να αποτελεί απλά ένα εργαλείο πολλών καθιερωμένων πακέτων 3D μοντελοποίησης όπως του Blender, 3DS max, ZBrush και SketchUp.

Σύμφωνα με την πιο σύγχρονη εξέλιξη του IBM, η τεχνική αυτή είναι σε θέση να παράγει νέφη σημείων (point clouds) από ένα σύνολο εικόνων, επιτυγχάνοντας όμοια αποτελέσματα με σκανάρισμα (scanning). Τα 3D αντικείμενα υψηλής ακρίβειας παράγονται αφού πρώτα βαθμονομηθεί το λογισμικό ώστε να αντισταθμίσει την παραμόρφωση από τον φακό.

### 2.2.3. Αυτόματη μοντελοποίηση

Η αυξημένη ανάγκη για πλοήγηση στην πόλη σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του αστικού σχεδιασμού και των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας έχουν εντείνει τις προσπάθειες για την δημιουργία 3D μοντέλων πόλης μεγάλης κλίμακας. Κατά αυτό τον τρόπο, διάφορες υπηρεσίες, όπως Google Earth/ Maps, Apple Maps, Bing Maps και OpenStreetMap, διαθέτουν στο ευρύ κοινό, αστικές εικόνες και γεωγραφικές πληροφορίες για όλο τον κόσμο. Σε τέτοιες εφαρμογές συνήθως χρησιμοποιούνται δεδομένα LIDAR (LIght Detection And Ranging). Παρόλα αυτά η τεχνική αυτή ενέχει προβλήματα και δυσκολίες καθώς τα δεδομένα LIDAR δεν είναι

πάντα διαθέσιμα στους χρήστες και εικόνες στο επίπεδο του εδάφους που παρέχονται, αν και είναι υψηλής ανάλυσης, είναι συνήθως αποσπασματικές και ελλιπείς. Αντίθετα, οι εναέριες εικόνες παρέχουν εκτεταμένη και ομοιόμορφη κάλυψη μεγάλων εκτάσεων και είναι διαθέσιμες στους χρήστες αλλά έχουν μικρότερη ανάλυση. Έτσι, για την απεικόνιση μεγάλων αστικών περιοχών, οι αεροφωτογραφίες είναι προτιμότερες.

Όσον αφορά τις τεχνικές αυτόματης μοντελοποίησης των κτηρίων, πραγματοποιούνται αφού συλλεχθούν τα δεδομένα, τα οποία υπερέρχουν τόσο σε ποιότητα όσο ποσότητα, με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να πλεονεκτεί από τις άλλες. Ένα παράδειγμα πλήρους αυτοματισμού είναι η χρήση πολυακτινικής φωτογραμμετρίας, όπου χρειάζονται πολλά ζεύγη επικαλυπτόμενων φωτογραφιών των 3D κτηρίων (ή 3D αντικειμένων γενικότερα) και του ανάγλυφου. Οι τεχνικές αυτές δημιουργούν 3D μοντέλα αστικών τοπίων μεγάλης κλίμακας σε μικρό χρονικό διάστημα συγκρινόμενες με τις χειροκίνητες μεθόδους. Παρόλα αυτά, μειονεκτούν στο γεγονός ότι κάποια δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

#### 2.2.4 Παραμετρική Μοντελοποίηση

Η παραμετρική ή διαφορετικά κανονιστική μοντελοποίηση (Procedural Modeling) αποτελεί μια μέθοδο για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων και υφών με την χρήση γραμματικών αντικειμένων (object grammars) στο περιβάλλον των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η μέθοδος αυτή, λειτουργεί πραγματοποιώντας την παραδοχή ότι όλα τα αντικείμενα, μέσα σε αυτά και τα κτήρια που αφορούν την διπλωματική αυτή, ακολουθούν ένα σύνολο κανόνων στην κατασκευή τους. Έτσι ο χρήστης, προγραμματίζοντας και μέσα από μια σειρά αλγορίθμων δημιουργεί τελικά το 3D μοντέλο.

Η κανονιστική μοντελοποίηση αποτελεί έναν δυναμικό τρόπο περιγραφής σύνθετων, αλλά δομημένων γεωμετριών, δημιουργώντας σταδιακά το μοντέλο μέσω των κανόνων. Όσον αφορά τα κτήρια, τα οποία αποτελούν σύνθετες γεωμετρίες, δημιουργούνται μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία, η οποία αντικαθιστά διαδοχικά κάποια απλά μέρη με αλλά απλά μέρη. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η συνολική πολυπλοκότητα του παραγόμενου σχήματος, καθώς και ο αριθμός των πράξεων αυξάνεται. Παρόλα αυτά, κάθε πράξη συνεχίζει να περιλαμβάνει τη βασική γεωμετρία. Το βασικό πλεονέκτημα της κανονιστικής μοντελοποίησης είναι ότι στηρίζεται στη σύνθεση απλών κανόνων, οι οποίοι κωδικοποιούν τις σημασιολογικές-τοπολογικές- γεωμετρικές σχέσεις, ασχέτως από την πολυπλοκότητα των αντικειμένων.

Η κανονιστική μοντελοποίηση με τη χρήση CGA Shape Grammar (γραμματική σχήματος) δεν χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού και είναι μια σχετικά γρήγορη μέθοδος με χαμηλό κόστος. Για τους παραπάνω λόγους, η μέθοδος αυτή βρίσκει ευρεία χρήση σε διάφορους τομείς όπως στην βιομηχανία του κινηματογράφου και των παιχνιδιών αλλά και στην δημιουργία ρεαλιστικών μοντέλων πόλεων. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα των τεχνικών παραμετροποίησης είναι η ικανότητα μεταβολής του επιπέδου λεπτομέρειας (LOD) του κτηρίου ή του αστικού μοντέλου, κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για αστικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφονται το



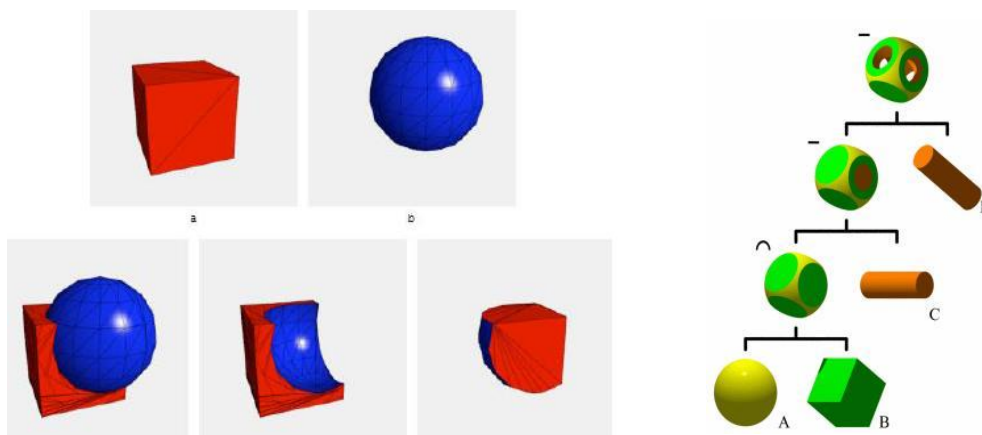
λογισμικό CityEngine και το πρότυπο CityGML που χρησιμοποιούν κανόνες για την δημιουργία αστικών μοντέλων.

### 2.3 3D Μοντελοποίηση Στερεών

Η μοντελοποίηση στερεών (solid modeling) είναι ένα συνεκτικό σύνολο αρχών για τη μαθηματική και ηλεκτρονική μοντελοποίηση τρισδιάστατων στερεών. Η μοντελοποίηση στερεών διακρίνεται από σχετικούς τομείς της γεωμετρικής μοντελοποίησης και της γραφιστικής με έμφαση στη φυσική πιστότητα. Οι αρχές της γεωμετρικής μοντελοποίησης και της μοντελοποίηση των στερεών, αποτελούν τη βάση σχεδιασμού μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και γενικότερα την υποστήριξη της δημιουργίας, ανταλλαγής, οπτικοποίησης, κινούμενων σχεδίων του ψηφιακού μοντέλου των φυσικών αντικειμένων. Η απεικόνιση των τρισδιάστατων γεωτεμαχίων πραγματοποιείται μέσω της μοντελοποίησης των στερεών αντικειμένων, τα οποία αποτελούν κλειστούς όγκους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κυριότερες μέθοδοι μοντελοποίησης στερεών που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα, περιγράφοντας τις βασικές αρχές της καθεμίας.

#### 1. Constructive Solid Geometry (CSG)

Σε αυτή τη μέθοδο μοντελοποίησης στερεών, η παραγωγή των πολύπλοκων αντικειμένων πραγματοποιείται από τον συνδυασμό άλλων αντικειμένων και μέσω κάποιων διαδικασιών (Boolean Operators). Τα πιο συχνά αντικείμενα που συναντώνται στην μέθοδο αυτή, ανάλογα βέβαια και με το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι ο κύβος, η σφαίρα, ο κύλινδρος, το πρίσμα και οι πυραμίδες τα οποία αποτελούν τα θεμελιακά στοιχεία της μοντελοποίησης. Αντίστοιχα, οι συχνότερες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται είναι η ένωση (union), η τομή (intersection) και η αφαίρεση (difference). Τα θεμελιακά στοιχεία περιγράφονται από συγκεκριμένες παραμέτρους όπως το κέντρο της σφαίρας ή οι συντεταγμένες των κορυφών του κύβου. Ο κατάλληλος συνδυασμός των παραμέτρων των θεμελιακών στοιχείων με τις διαδικασίες θα οδηγήσουν εντέλει στην τρισδιάστατη απεικόνιση του πολύπλοκου αντικειμένου. Γενικότερα, η γεωμετρία αυτή συναντάται στα τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστών και στα Ηλεκτρονικά Συστήματα Σχεδίασης (CAD) μέσα από την χρήση της κανονιστικής μοντελοποίησης.

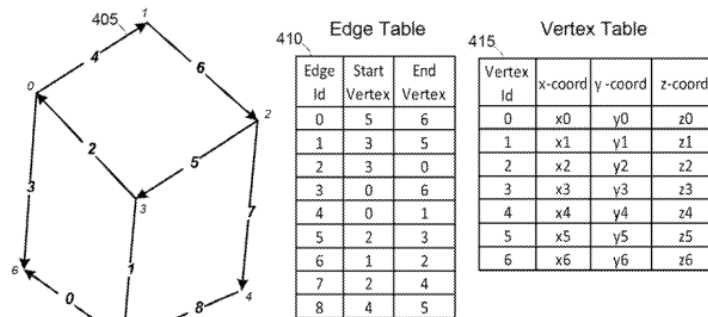


Εικόνα 2.1 : Ένωση, αφαίρεση, τομή στερεών

Πηγή : Wikipedia.gr

## 2. Boundary representation (b-rep)

Η μέθοδος Boundary representation (b-rep) αποτελεί μια ευέλικτη μέθοδο μοντελοποίησης στερεών, καθώς περιλαμβάνει αρκετές διαδικασίες, περισσότερες από την προηγούμενη μέθοδο. Σε αυτή την περίπτωση το στερεό αναπαριστάται μέσω των οριακών επιφανειών του, δηλαδή το στερεό δημιουργείται από την σύνδεση των στοιχείων επιφάνειας. Κάποιες διαδικασίες που περιλαμβάνονται σε αυτή τη μέθοδο είναι η συγχώνευση (blending), η λοξότμηση (chamfer) και η εξώθηση (extrusion). Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα μοντέλα που παράγονται έχουν συγκεκριμένη γεωμετρία και τοπολογία. Βασικά τοπολογικά στοιχεία του τρισδιάστατου μοντέλου είναι οι κορυφές του (vertex, 0D), οι ακμές (line, 1D), και τα πρόσωπα (polygon/face, 2D). Τέλος, κάθε επιφάνεια ορίζει ξεχωριστή περιοχή με αποτέλεσμα κάθε σημείο να μπορεί να εξεταστεί σε σχέση με το όριο του στερεού.

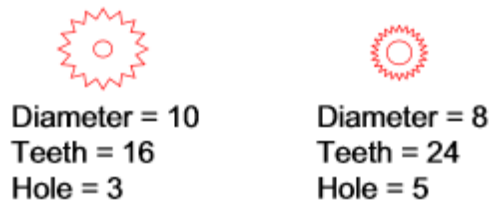


Εικόνα 2.2 : Ορισμός Αντικειμένου με Boundary representation (b-rep)

Πηγή : Wikipedia.gr

## 3. Primitive Instancing

Αυτή η μέθοδος μοντελοποίησης στηρίζεται στην ομαδοποίηση των αντικειμένων και τη διάκρισή τους με βάση συγκεκριμένες παραμέτρους για την κάθε ομάδα. Μια ομάδα αντικειμένων ονομάζεται "Generic Primitive", ενώ το αντικείμενο εντός της ομάδας ονομάζεται "Primitive Instances". Όμως η χρήση της μεθόδου αυτής παρουσιάζει μειονεκτήματα. Αυτά οφείλονται στο γεγονός ότι δεν μπορούν να συνδυαστούν αντικείμενα μιας ομάδας για την παραγωγή ενός σύνθετου αντικειμένου και επίσης υπάρχει δυσκολία στην χρήση αλγορίθμων για τον υπολογισμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των αντικειμένων.



Εικόνα 2.3 : Μέθοδος Primitive Instancing

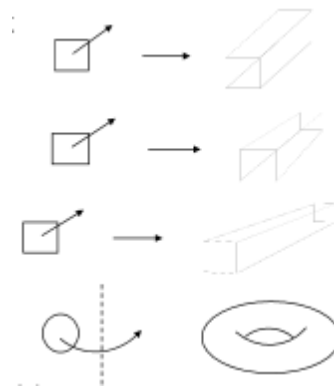
Πηγή : Wikipedia.gr

#### 4. Spatial-Partitioning Representations

Αυτή η τεχνική μοντελοποίησης στερεών δημιουργεί το στερεό μέσω χωρικών κυττάρων (spatial cells). Τα χωρικά κύτταρα μπορεί να είναι κύβοι ορισμένου σταθερού μεγέθους ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο, διατεταγμένα σε σταθερό χωρικό πλέγμα. Κάθε κύτταρο μπορεί να αναπαρασταθεί απ' τις συντεταγμένες του στο χώρο, οι οποίες έχουν συγκεκριμένη χωρική διάταξη, μοναδική για κάθε αναπαράσταση επομένως η περιγραφή των στερεών είναι και αλγεβρική αλλά και τοπολογική.

#### 5. Sweep Representations

Η λειτουργία της μεθόδου αυτής βασίζεται στη δυνατότητα εντοπισμού ενός όγκου στερεού στο χώρο, το οποίο μπορεί να αναπαριστάται από το κινούμενο μέρος και την τροχιά του. Αυτά τα συστήματα είναι χρήσιμα σε εφαρμογές γραφικών των υπολογιστών και ανίχνευσης της κίνησης. Γενικά, η μέθοδος αυτή αναφέρεται στις τεχνικές σάρωσης. Τα περισσότερα σχεδιαστικά προγράμματα CAD που διατίθενται στο εμπόριο, παρέχουν τη δυνατότητα κατασκευής στερεών μέσω σάρωσης στις δύο διαστάσεις των σχημάτων, ενώ πραγματοποιείται περαιτέρω έρευνα για την χρήση της μεθόδου στις τρεις διαστάσεις.

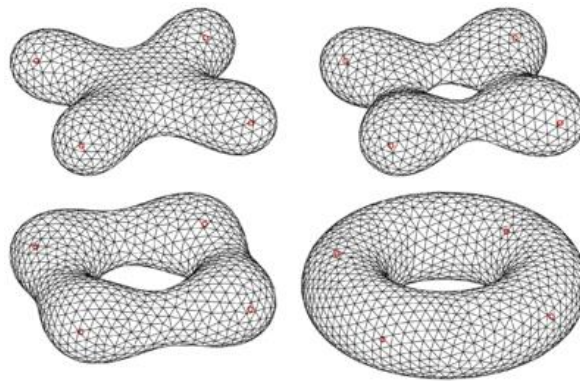


Εικόνα 2.4 : Μέθοδος Sweep Representations

Πηγή : Wikipedia.gr

#### 6. Implicit Representation (Surfaces)

Η μέθοδος αυτή ορίζει ένα σύνολο σημείων  $X$ , τα οποία υπολογίζονται εμμέσως για κάθε σημείο του χώρου, μέσω μιας συνάρτησης με ορισμένες συνθήκες, είτε απλές είτε πολύπλοκες. Έτσι, κάθε αντικείμενο ορίζεται ως ένα σύνολο σημείων στις τρεις διαστάσεις, το οποίο ακολουθεί την απαιτούμενη συνεχή συνάρτηση  $F(X)$ . Τα σημεία για τα οποία ισχύει  $F(X) > 0$ , θεωρείται ότι βρίσκονται εντός αντικειμένου, αυτά με  $F(X) < 0$  βρίσκονται εκτός αντικειμένου ενώ αυτά με  $F(X)=0$  βρίσκονται στην επιφάνεια του αντικειμένου.



Εικόνα 2.5 : Μέθοδος Implicit Representation (Surfaces)

Πηγή : Wikipedia.gr

### 7. Parametric and Feature- Base Modeling

Η μέθοδος αυτή για την μοντελοποίηση των στερεών, απαιτεί τον ορισμό των απαραίτητων οντοτήτων (features) με τα συνοδευόμενα χαρακτηριστικά τους (attributes). Οι οντότητες αποτελούν σχήματα με βάση ορισμένες παραμέτρους, όπως το μήκος, το ύψος, τη θέση και τον προσανατολισμό, ενώ τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν το υλικό και πρόσθετες εξωτερικές αναφορές σε άλλες σχετιζόμενες οντότητες. Οι οντότητες έχουν σχετικά μεγάλο επίπεδο σημασιολογίας και για το λόγο αυτό αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για την σύνδεση των σχεδιαστικών προγραμμάτων με άλλες εφαρμογές και την οργάνωση βάσεων δεδομένων.

## 2.4 Τρόποι Συλλογής της Τρισδιάστατης Πληροφορίας

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί συνήθως μια χρονοβόρα διαδικασία για τον χρήστη, καθώς αυτός θα πρέπει να συλλέξει όλες τις πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή. Στην συνέχεια, αυτές οι πληροφορίες σε κατάλληλη μορφή θα εισαχθούν στο λογισμικό για την δημιουργία της τρισδιάστατης απεικόνισης.

Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη των μεθόδων διαχείρισης των γεωχωρικών δεδομένων, είναι διαθέσιμη μια μεγάλη ποικιλία σε τεχνικές συλλογής γεωγραφικών δεδομένων ακόμη και στις τρεις διαστάσεις.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι η συλλογή των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή. Όμως, αρκετές φορές δεδομένα που είναι απαραίτητα για την δημιουργία του μοντέλου βρίσκονται σε αναλογική μορφή καθώς πριν από χρόνια αυτός ήταν ο τρόπος συλλογής και απεικόνισης των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, τα παραπάνω δεδομένα βρίσκονται σε αναλογικά σχέδια και χάρτες, τα οποία θα πρέπει άμεσα να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή ώστε να διασωθεί και αποθηκευτεί η πληροφορία, καθώς με το πέρασμα των χρόνων τα σχέδια υφίστανται φθορές. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα, θα πρέπει αρχικά να ψηφιοποιηθούν ώστε να διασωθούν και

να καταφέρουν να εισαχθούν στο λογισμικό. Η ψηφιοποίηση πραγματοποιείται είτε με σάρωση είτε με φωτογράφιση με ψηφιακή μηχανή κατάλληλης ανάλυσης. Το προϊόν της ψηφιοποίησης είναι ένα αρχείο εικόνας, αναλογικού τύπου raster, το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε διανυσματική μορφή, vector αρχείο, με τη χρήση ενός προγράμματος ηλεκτρονικής σχεδίασης μέσω της γεωαναφοράς των σχεδίων, ώστε κάθε σημείο τους να αναφέρεται στο κατάλληλο σύστημα αναφοράς.

Μια από τις κύριες μεθόδους συλλογής τρισδιάστατων δεδομένων είναι μέσω της φωτογραμμετρίας. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση ορθοφωτογραφιών που έχουν ληφθεί είτε από αεροπλάνο είτε από δορυφόρο, μετά από φωτοερμηνεία είναι σε θέση να παρέχει πληροφορίες υψηλής ανάλυσης. Ακόμη, η χρήση επικαλυπτόμενων αεροφωτογραφιών δημιουργεί στερεομοντέλα, στα οποία αναπαρίσταται η τρίτη διάσταση των αντικειμένων που απεικονίζονται στις φωτογραφίες.

Άλλες μέθοδοι για την συλλογή 3D δεδομένων είναι η χρήση προηγμένων τεχνολογιών σάρωσης, τα λεγόμενα laser scanning, που συλλέγουν πληροφορίες απόστασης και ύψους σε σύντομο χρονικό διάστημα και η συλλογή δεδομένων από δέκτες LIDAR και εικόνες υψηλής ανάλυσης. Η χρήση των δεκτών LIDAR και των εικόνων υψηλής ανάλυσης, επιτρέπει την παραγωγή ψηφιακού μοντέλου επιφανείας και τον εντοπισμό των αντικειμένων που βρίσκονται στο έδαφος με αυτόματο τρόπο.

Μια ακόμη μέθοδος συλλογής τρισδιάστατων πληροφοριών είναι με τη χρήση τοπογραφικών οργάνων στο ύπαιθρο. Πιο συγκεκριμένα, τα επίγεια τοπογραφικά δεδομένα συλλέγονται ενώ υπάρχει η δυνατότητα να επεξεργασίας τους απευθείας στο ύπαιθρο με τη χρήση διαδικτυακών ασύρματων συνδέσεων. Με αυτόν τον τρόπο οι διαδικασίες γίνονται πιο λειτουργικές και ευέλικτες καθώς η ανάλυση των δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο, ενώ οι πληροφορίες που συλλέγονται είναι πιο ακριβείς και χρήσιμες.

Γενικότερα, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S) οργανώνονται με βάση τα χωροχρονικά δεδομένα (χρόνος, τοποθεσία), τα οποία προσδιορίζονται με συγκεκριμένη ακρίβεια ανάλογα με τον τρόπο που έχουν παραχθεί. Μια ακόμη μέθοδος για την συλλογή τρισδιάστατων δεδομένων στηρίζεται στην χρήση του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος G.P.S, που δίνει άμεσα τις τρισδιάστατες συντεταγμένες των σημείων. Η επεξεργασία και εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων στο κατάλληλο σχεδιαστικό πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα της τρισδιάστατης απεικόνισης τους. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο συνδυασμός των παραπάνω δεδομένων με δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης, με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και την ανάπτυξη των λογισμικών σχεδίασης και απεικόνισης έχουν αναπτύξει τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών τόσο ως προς την ακρίβεια τους όσο προς την λειτουργικότητά τους.

## 2.5 Σύγκριση G.I.S με CAD

Τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης (*Computer Aided Design –CAD*) έχουν εδώ και χρόνια αναπτύξει εργαλεία για την διαχείριση, επεξεργασία και απεικόνιση της τρισδιάστατης πληροφορίας. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει απόλυτη σύνδεση με τα Σ.Γ.Π, καθώς το κάθε σύστημα έχει σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων έγκυται στο ότι τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης σχεδιάστηκαν αρχικά για την μοντελοποίηση των ανθρώπινων κατασκευών (κτίρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις) σε ένα τοπικό σύστημα

συντεταγμένων, ενώ αντίθετα το Σ.Γ.Π σχεδιάστηκε για να απεικονίσει την πραγματικότητα σε ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, για να καλύψει το κενό των γεωγραφικών αναλογικών χαρτών. Η ανάπτυξη έχει οδηγήσει στην υποστήριξη μιας ποικιλίας θεμελιωδών στοιχείων (primitives), π.χ. κώνος, σφαίρα, κύλινδρος, και άλλων σχημάτων από τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης για τη διαχείριση συνθετών κατασκευών, ενώ το ΣΓΠ υποστηρίζει σημεία, γραμμές και πολύγωνα με περιεχόμενες ιδιότητες. Σαφώς, η σύνδεση των συστημάτων Ηλεκτρονικής Σχεδίασης και των Σ.Γ.Π θα επωφελούσε και τα δύο πεδία, και για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια υπάρχει γίνονται εντατικές προσπάθειες στην αγορά για την εναρμόνιση των δύο συστημάτων. Για παράδειγμα, τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης έχουν επεκτείνει τις δυνατότητες τους δουλεύοντας με δισδιάστατες προβολές, ορίζοντας σύνθετη ιεραρχία ιδιοτήτων και εκτελώντας ανάλυση όπως τα Σ.Γ.Π (Pu και Zlatanova, 2006), ενώ τα Σ.Γ.Π απαιτούν μια περισσότερο ρεαλιστική απεικόνιση, δυνατότητες 3D επεξεργασίας και βέλτιστες δυνατότητες πλοήγησης.

Παρά τις εντεταμένες προσπάθειες, η σύγκριση των δύο συστημάτων είναι αρκετά δύσκολη υπόθεση, καθώς το κάθε σύστημα υποστηρίζει διαφορετικούς τύπους δεδομένων και μορφοτύπων με αποτέλεσμα να δυσχερένεται η εξαγωγή μοντέλων μεταξύ των συστημάτων χωρίς την απώλεια δεδομένων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι κατά την εξαγωγή ενός αντικειμένου που απεικονίζεται με ελεύθερης μορφής σχήματα στην Ηλεκτρονική Σχεδίαση και την εισαγωγή του στο Σ.Γ.Π όπου λογικά θα απεικονίζεται από γραμμές και πολύγωνα, χάνοντας έτσι πληροφορίες της γεωμετρίας του. Αντίστοιχα κατά την εξαγωγή ενός μοντέλου από Σ.Γ.Π και την εισαγωγή του σε σύστημα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης μπορεί να χαθεί σημασιολογική πληροφορία, καθώς το CAD δεν είναι σε θέση να καταγράψει σημασιολογικές πληροφορίες.

Το Σ.Γ.Π ουσιαστικά στηρίζεται στην αποθήκευση γεωγραφικής και σημασιολογικής πληροφορίας σε ένα ενιαίο σύστημα και στην ανάλυση της και στα δύο πεδία. Στη σημασιολογική μοντελοποίηση, τόσο τα σταθερά όσο και τα μη σταθερά αντικείμενα εκτός από τις γεωμετρικές πληροφορίες τους, έχουν και άλλα χαρακτηριστικά όπως περιγραφικές πληροφορίες (πχ. Όνομα, λειτουργία κτλ.), σχέσεις και συνθήκες μέσα σε ένα αντικείμενο και μεταξύ αντικειμένων. Το σύνολο των παραπάνω χαρακτηριστικών, γεωμετρικών και θεματικών, αποτελούν τη σημασιολογική πληροφορία του αντικειμένου. Τα Σ.Γ.Π έχουν συνδεθεί εδώ και χρόνια με τη διαχείριση θεματικών πληροφοριών που σχετίζονται με λειτουργικά αντικείμενα όπως κτήρια και δρόμοι. Αντίθετα, τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για την εισαγωγή θεματικών πληροφοριών στα CAD. Μια ακόμη μεγάλη δυσκολία και στα δύο συστήματα είναι η διατήρηση συνέπειας στη γεωμετρία, που θα μπορούσε να εξαλειφθεί αναπτύσσοντας ένα ανώτερο επίπεδο σημασιολογίας κατά την ανταλλαγή δεδομένων, ώστε να μην χάνεται χωρική πληροφορία, όπως η τοπολογία.

## 2.6 3D Απεικόνιση

Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, έχει πραγματοποιηθεί ραγδαία πρόοδος στην ανάπτυξη τρισδιάστατων μοντέλων. Τα γεωγραφικά δεδομένα τριών διαστάσεων χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές και ιδιαίτερα στην μοντελοποίηση πόλεων, όταν είναι επιθυμητή η οπτική αναπαράσταση της φυσικής γήινης πραγματικότητας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του περιβάλλοντος χώρου. Η 3D απεικόνιση των πόλεων πραγματοποιείται σήμερα με μεγάλη ακρίβεια και από πολλαπλές οπτικές γωνίες μέσω των δορυφορικών λήψεων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η εφαρμογή Google Maps, που παρέχετε στο διαδίκτυο από την Google. Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιεί δορυφορικές εικόνες που ανανεώνει σε τακτική χρονική βάση για το σύνολο της γης και όχι μόνο, και απεικονίζει την φυσική γήινη πραγματικότητα τόσο στις δύο όσο και στις τρεις διαστάσεις.

Ο χώρος αποτελείται από τρεις διαστάσεις και από πολλά πολύπλοκα ιδιοκτησιακά αντικείμενα με επίσης πολύπλοκα ιδιοκτησιακά δικαιώματα. Για την καλύτερη διαχείριση του χώρου είναι απαραίτητη η καταγραφή και απεικόνισή του και στο σύνολο των διαστάσεών του. Η τεχνολογία σήμερα είναι σε θέση να υποστηρίξει μεγάλη γκάμα εφαρμογών αναπαράστασης του χώρου στις τρεις διαστάσεις και μάλιστα με πολύ καλή ακρίβεια. Μια τέτοια εφαρμογή αποτελεί και η ενσωμάτωση της τρίτης διάστασης στο σύστημα του Κτηματολογίου. Βέβαια, για την υλοποίησή της απαιτείται επαναπροσδιορισμός του κτηματολογικού συστήματος τόσο από νομική όσο και από τεχνική απόψη.

### 2.6.1 3D Απεικόνιση Πόλης

Σήμερα, λόγω της ταχείας ανάπτυξης των λογισμικών των υπολογιστών καθώς και της δυνατότητας που παρέχεται για απόκτηση δεδομένων από αεροφωτογραφίες, είναι δυνατή η δημιουργία 3D μοντέλων πόλης σε εύλογο χρόνο και κόστος και με μια σχετική ευκολία. Η εξέλιξη αυτή, έχει αυξήσει τις εφαρμογές τριών διαστάσεων χωρικών πληροφοριών σε διάφορους τομείς, όπως η πολεοδομία, οι τηλεπικοινωνίες, η οικολογία, ο τουρισμός και η ψυχαγωγία (γραφικά κινηματογράφου). Ένα τρισδιάστατο μοντέλο πόλης, όπως γίνεται ευρέως αντιληπτό, αποτελείται από ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων με το ύψος του εδάφους και 3D δεδομένα των κτιρίων με τα ύψη κτηρίων. Συνήθως ένα 3D μοντέλο πόλης αναπαριστά μια υφιστάμενη πόλη, παρόλα αυτά σε ορισμένες εφαρμογές, κυρίως σε παιχνίδια και τον κινηματογράφο, δημιουργούνται τρισδιάστατα μοντέλα πόλης που δεν αντιστοιχούν στην πραγματικότητα. Ένα αξιόλογο παράδειγμα 3D μοντέλου πόλης είναι αυτό της πόλης του Βερολίνου (3D City Model of Berlin), για το οποίο γίνεται αναφορά και σε επόμενο κεφάλαιο. Για την ανάπτυξή του χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από διάφορες πηγές όπως το Κτηματολόγιο, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM), αεροφωτογραφίες, μοντέλα κτηρίων και διάφορες παραλλαγές των αντικειμένων της πόλης.





Εικόνα 2.6 :3D Απεικόνιση Πόλης

Πηγή : <http://www.businesslocationcenter.de>

### 2.6.2 3D Απεικόνιση στο Κτηματολόγιο

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η τρισδιάστατη αναπαράσταση των αντικειμένων στο σύστημα του Κτηματολογίου είναι μείζονος σημασίας για την ακριβή γνώση των ιδιοκτησιακών αντικείμενων, των δικαιωμάτων που τα αφορούν και την σωστή διαχείρισή τους. Παρόλα αυτά, η χρήση κλασικών τεχνολογιών απεικόνισης των χαρτών, που αναπαραστούν τα αντικείμενα στις δύο διαστάσεις, δεν είναι επαρκής για τη σχεδίαση ή την απεικόνιση των 3D κτηματολογικών αντικειμένων. Αυτό συμβαίνει καθώς τα οπτικά εμπόδια των φυσικών οντοτήτων ή των ένθετων σχέσεων (nested relations) μεταξύ των διαφορετικών γεωχώρων, δυσκολεύουν την οπτικοποίηση των τρισδιάστατων αντικειμένων.

Ανάλογα με το σκόπο για τον οποίο επιτελείται η τρισδιάστατη απεικόνιση δίνεται διαφορετική έμφαση στη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου. Κατά αυτό τον τρόπο, στην τρισδιάστατη απεικόνιση μιας πόλης δίνεται έμφαση στην εξωτερική αρχιτεκτονική των κτηρίων και του περιβάλλοντα χώρου, δηλαδή εστιάζουν στην εικονική προσομοίωση της εξωτερικής υφής της πόλης, αποδίδοντας τις υφές στις επιφάνειες των προσώπων των μοντέλων μέσω εικόνων. Αντίθετα, στην τρισδιάστατη απεικόνιση των αντικειμένων στο σύστημα του κτηματολογίου δίνεται έμφαση στην ακριβή περιγραφή των ορίων των ιδιοκτησιακών μονάδων και των ιδιοκτησιακών δικαιωμάτων που τα διέπουν.

Οι απεικονίσεις 3D κτηματολογίου ουσιαστικά παρουσιάζουν την κατανομή της κατοχής και του αστικού χώρου με βάση τα δικαιώματα που ισχύουν.

Πιο συγκεκριμένα, τα γεωμετρικά όρια των τρισδιάστατων κτηματολογικών αντικειμένων είναι οι νομικές γεωγραφικές επιφάνειες, οι οποίες μπορούν να είναι



μέρος φυσικών οντοτήτων ή μπορούν να είναι νομικά κενές ή εικονικές επιφάνειες. Οι ακριβείς τρισδιάστατες περιγραφές του κτηματολογίου και της ιδιοκτησίας συμβάλλουν δραστικά στη βέλτιστη διαχείριση των ιδιοκτησιακών δικαιώματων και γενικότερα της γης. Για το λόγο αυτό οι κυβερνήσεις των χωρών καταβάλουν προσπάθειες για την ανάπτυξη του τρισδιάστατου κτηματολογίου, πραγματοποιώντας μελέτες και πειραματικά προγράμματα. Ωστόσο παρά τις έρευνες, μέχρι σήμερα δεν έχει αναπτυχθεί ψηφιακό 3D κτηματολόγιο που να βρίσκεται πλήρως σε λειτουργία στον κόσμο και η τρέχουσα λειτουργικότητα είναι περιορισμένη σε βασικές εφαρμογές όπως την καταγραφή ογκομετρικών τεμαχίων (Van Oosterom, et.al, 2011). Ακόμη, υπάρχει από τους χρήστες η απαίτηση για ακριβή τρισδιάστατα μοντέλα της πραγματικότητας με μία στοιχειώδη απόδοση υψών στα κτήρια, καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν ένα υψηλό επίπεδο ακρίβειας και ποιότητας.

Συνοψίζοντας, ένα ψηφιακό 3D κτηματολόγιο πρέπει τελικά να περιλαμβάνει τρισδιάστατα κτηματολογικά δεδομένα, εφαρμογές και συστήματα απεικόνισης στις τρεις διαστάσεις. Βέβαια, για την ανάπτυξη του 3D Κτηματολογίου είναι αναγκαίο να τροποποιηθεί η νομοθεσία και να καθοριστεί ένα νέο τρισδιάστατο μοντέλο γης και ιδιοκτησίας με χωρικές πληροφορίες (Benhamu and Doytsher 2003) προκειμένου να διευκολυνθεί η συνέχιση της εγκατάστασης των τεχνικών έργων κάτω και πάνω από την επιφάνεια, και κυρίως να καταστεί δυνατή η εγγραφή των ακινήτων που δεν βρίσκονται στην επιφάνεια.

### 3. ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΛΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται δύο προσεγγίσεις τρισδιάστατης μοντελοποίησης πόλης. Η μια αφορά την μοντελοποίηση μέσω του λογισμικού κανονιστικής μοντελοποίησης με CGA γραμματικές, CityEngine και η άλλη μέσω του γεωμετρικού-τοπολογικού-σημασιολογικού μοντέλου που δομείται βάσει των OGC προδιαγραφών, CityGML. Η μοντελοποίηση και με τις δύο αυτές προσεγγίσεις προσφέρει στον χρήστη μια πληθώρα δυνατοτήτων, με αποτέλεσμα αυτές να είναι ευρέως διαδεδομένες και να χρησιμοποιούνται σε αρκετές εφαρμογές. Το CityEngine διακρίνεται για το γεγονός ότι είναι φιλικό στον χρήστη και όχι ιδιαίτερα χρονοβόρο. Αντίθετα, η μοντελοποίηση με το CityGML είναι πιο πολύπλοκη, καθώς ακολουθείται μια αρκετά αυστηρά οργανωμένη δομή αλλά παρέχει πολλές περισσότερες δυνατότητες στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση πόλης από ότι το CityEngine, καθώς λαμβάνει υπόψιν του και σημασιολογικές πληροφορίες με αποτέλεσμα το παραγόμενο μοντέλο να είναι πιο ρεαλιστικό και πλήρες. Τα χαρακτηριστικά, οι λειτουργίες και εφαρμογές τόσο του CityEngine όσο και του CityGML αναλύονται στην συνέχεια του κεφαλαίου.

#### 3.1 CityEngine

Το CityEngine αποτελεί ένα λογισμικό κανονιστικής μοντελοποίησης μέσω CGA γραμματικών και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο λόγω της ευκολίας στην χρήση του. Το CityEngine έχει ευρεία εφαρμογή σε διάφορα πεδία όπως στην αρχιτεκτονική και στον σχεδιασμό πόλεων, στην προσομοίωση του περιβάλλοντος, αλλά και στον κινηματογράφο και την βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Το λογισμικό αυτό κυκλοφόρησε το 2008 από την εταιρεία Procedural. Το 2011 η εταιρεία ERSI απέκτησε την Procedural και τα λογισμικά της, συνδυάζοντας το CityEngine με το ArcGIS και προσφέροντας στους χρήστες της, που μέχρι στιγμής επεξεργάζονταν δισδιάστατα χωρικά δεδομένα, την ευκαιρία επεξεργασίας τρισδιάστατων δεδομένων και την παραγωγή 3D μοντέλων πόλης. Πιο συγκεκριμένα, το λογισμικό ειδικεύεται στην δημιουργία υψηλής λεπτομέρειας τρισδιάστατων μοντέλων φανταστικών πόλεων αλλά και υφιστάμενων αστικών τοπίων καθώς αυτό παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής διαφόρων τύπων γεωγραφικών και αρχιτεκτονικών δεδομένων όπως GIS και CAD δεδομένα.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του λογισμικού αυτού είναι τα εξής:

- παρέχει παραμετρικά εργαλεία αστικού σχεδιασμού,
- στηρίζεται στην κανονιστική μοντελοποίηση,
- διαθέτει ένα προσαρμοσμένο περιβάλλον εργασίας για το χρήστη,
- διαθέτει τα εργαλεία City Wizard και Façade Wizard ,
- υποστηρίζει μια πληθώρα αρχείων διαφόρων τύπων,
- δίνει τη δυνατότητα παραγωγής αναφορών,
- διαθέτει script μεθόδους

Όσον αφορά τα παραμετρικά εργαλεία σχεδιασμού, το CityEngine προσφέρει μια σειρά από εργαλεία που επιτρέπουν τη δημιουργία λεπτομερών μοντέλων πόλης σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Για κάθε χαρακτηριστικό των μοντέλων ορίζονται μια σειρά από παραμέτρους, οι οποίες μεταβάλλονται εύκολα με ταυτόχρονη οπτική ενημέρωση των τροποποιήσεων που συντελούνται. Κατά αυτό τον τρόπο, δίνεται η ευκαιρία στον χρήστη να δημιουργήσει γρήγορα και εύκολα ένα ολοκληρωμένο αστικό τοπίο με δρόμους, οικοδομικά τετράγωνα και τις κατασκευές που λαμβάνουν χώρα σε αυτά.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το CityEngine χρησιμοποιεί την κανονιστική μοντελοποίηση για την δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, συντάσσονται CGA ( Computer Generated Architecture) κανόνες για την δημιουργία των πολύπλοκων μοντέλων τόσο σε επίπεδο μοντέλου κτηρίου όσο και σε επίπεδο μοντέλου πόλης.

Ένα ακόμη βασικό γνώρισμα του λογισμικού αυτού είναι το προσαρμοζόμενο περιβάλλον εργασίας που προσφέρει στο χρήστη, καθώς αποτελείται από διαφορετικά πεδία, τα οποία μπορεί να αναδιατάξει ο ίδιος ο χρήστης. Πιο συγκεκριμένα, η επιφάνεια εργασίας του χρήστη στο CityEngine αποτελείται από πολλαπλές οθόνες και είναι καλά σχεδιασμένη και οργανωμένη.

Ο City Wizard και ο Façade Wizard αποτελούν οδηγούς του λογισμικού. Ο πρώτος αφορά στην εύκολη δημιουργία του αστικού τοπίου με τη χρήση προκαθορισμένων προτύπων που υπάρχουν στη βιβλιοθήκη του CityEngine. Ενώ ο δεύτερος, αφορά στη δημιουργία προσόψεων από εικόνα. Με αυτή τη μέθοδο, διαχωρίζει την εικόνα, συντάσσεται αυτόματα ο κανόνας σε ένα αρχείο και αυτός μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε κτήριο του τρισδιάστατου μοντέλου πόλης.

Όσον αφορά την συμβατότητα του CityEngine με άλλα προγράμματα, υποστηρίζει διάφορους τύπους αρχείων που έχουν παραχθεί από διαφορετικά λογισμικά. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να εισάγει αρχεία εικόνων και διανυσματικών δισδιάστατων δεδομένων όπως ίχνη δρόμων και κατόψεις κτηρίων από το Open Street Map σε .osm μορφή αρχείου ή από shapfiles που πρόεκυψαν από επεξεργασία σε GIS.

Κάποιες ακόμη μορφές αρχείων που υποστηρίζονται από το λογισμικό αυτό είναι οι μορφές .OBJ, .3DS, .DXF, .FBX και Collada, ενώ δίνεται επίσης η δυνατότητα εξαγωγής των μοντέλων στις παραπάνω μορφές για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.

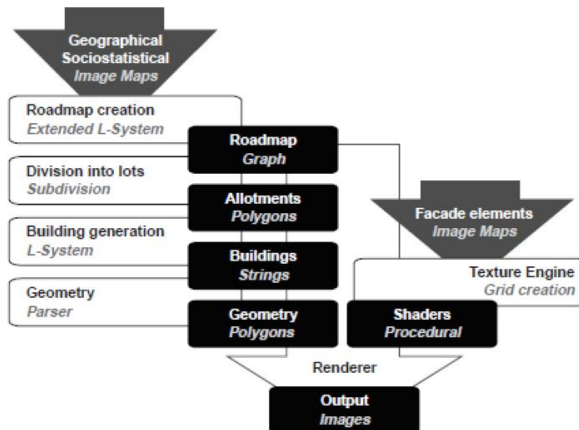
Μια ακόμη χρήσιμη λειτουργία του CityEngine είναι η παραγωγή αναφορών (Report Generation) για τα στοιχεία που αφορούν τη μελέτη και την ανάλυση του αστικού σχεδιασμού που λαμβάνει χώρα. Η εξαγωγή των στοιχείων αυτών πραγματοποιείται μέσω μιας εντολής που συμπεριλαμβάνεται στον κανόνα. Όλα τα στοιχεία που ενδιαφέρουν τον χρήστη αναγράφονται στην αναφορά, ενώ σε περίπτωση αλλαγών στο μοντέλο, οι αλλαγές αυτές επισημάνονται, καταγράφονται και στην αναφορά.

Τέλος, το CityEngine μέσω των Script μεθόδων παρέχει τη δυνατότητα απόδοσης των μεταδεδομένων για τα παραγόμενα μοντέλα μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python. Αυτό μπορεί να συμβεί για να δοθεί η δυνατότητα

επιλογής ορισμένων αντικειμένων βάσει συγκεκριμένων ιδιοτήτων που δεν είναι δυνατό με κάποιο εργαλείο του CityEngine.

### 3.1.1 Ροή Εργασιών στο CityEngine

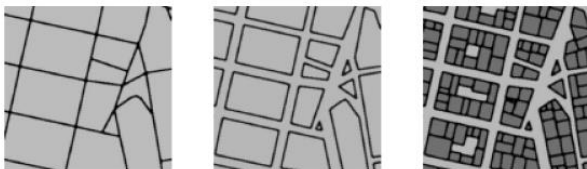
Το σύστημα του CityEngine αποτελείται από μια σειρά διαφορετικών εργαλείων, τα οποία και κατευθύνουν τη ροή εργασιών του λογισμικού. Η ροή των εργασιών παρουσιάζεται συνοπτικά και σχηματικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.1 : Η ροή εργασιών στο πρόγραμμα.

Πηγή: Parish and Muller, 2001

Η κατασκευή κάθε νέου μοντέλου ξεκινάει συνήθως με την δημιουργία του οδικού δικτύου είτε μέσω του εργαλείου «grow streets» που παρέχει το λογισμικό είτε μέσω χαρτών και έτοιμων δεδομένων που εισάγονται από γεωβάσεις (geodatabases .gdb) ή από το openstreetmaps.org. Στη συνέχεια προσδιορίζονται τα οικοδομικά τετράγωνα και τα γεωτεμάχια με τα ίχνη των κτηρίων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί είτε με την εισαγωγή αρχείων shp, είτε CAD σχεδίων είτε δεδομένων από το OpenStreetMaps που περιλαμβάνουν τα ίχνη, τα οποία συνοδεύονται από τιμές των υψών των κτηρίων. Αφού ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, δημιουργείται στο δισδιάστατο χώρο ένα αστικό περιβάλλον που περιλαμβάνει τα όρια των δρόμων, των οικοδομικών τετραγώνων και τις κατόψεις των κτηρίων.






Εικόνα 3.2 : Ροή δημιουργίας των οδικών δικτύων, οικοδομικών τετραγώνων και των τεμαχίων

Πηγή: Parish and Muller, 2001

Για την μετάβαση από το δισδιάστατο μοντέλο πόλης στο τρισδιάστατο, δηλαδή την δημιουργία των όγκων των κτηρίων, εφαρμόζεται ο κανόνας της εξώθησης (extrusion). Ανάλογα με το σκοπό δημιουργίας του μοντέλου και κατ' επέκταση το επιθυμητό επίπεδο απόδοσης του μοντέλου, το λεγόμενο ως επίπεδο λεπτομερειών (LOD), πραγματοποιούνται προσαρμογές είτε μέσω της γραμματικής σχήματος είτε χειρωνακτικά. Οι προσαρμογές αυτές μπορούν να συμβούν χειροκίνητα εκτός του λογισμικού, διακόπτοντας τη διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου οποιαδήποτε στιγμή. Το γεγονός αυτό αποτελεί το μεγάλο πλεονέκτημα του CityEngine έναντι άλλων παρόμοιων λογισμικών, σύμφωνα με τους Schirmer and Kawagishi, 2009.

Ένα σύνθετο μοντέλο πόλης απαιτεί την σύνταξη πολύπλοκων κανόνων CGA, ενώ για την δημιουργία ενός απλού μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτοιμα πρότυπα από τον οδηγό City Wizard. Υπάρχουν τρεις τύποι μοτίβων που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης όταν επιθυμεί να δημιουργήσει ένα απλό μοντέλο πόλης γρήγορα και εύκολα, το Οργανικό (Organic), το Ψηφιακό (raster) και το Ακτινικό (Radial).

Pattern name	Pattern	Example
Basic	No superimposed pattern.	
New York	Rectangular Raster	
Paris	Radial to center	

Εικόνα 3.3: Επισκόπηση των μοτίβων δρόμων που χρησιμοποιούνται στο CityEngine

Πηγή: Parish and Muller, 2001

Η Οργανική μέθοδος δημιουργεί δρόμους που έχουν το χαρακτηριστικό παλιάς μεσαιωνικής πόλης και μοιάζουν με μικρά συγκροτήματα που επεκτείνονται σε μια μεγαλύτερη πόλη. Η Ψηφιακή μέθοδος δημιουργεί μια πόλη που μοιάζει να έχει σχεδιαστεί από την αρχή, όπου παράλληλοι δρόμοι τέμνονται περίπου στις 90 μοίρες, και έχει χρησιμοποιηθεί η Νέα Υόρκη ως βάση αναφοράς. Και τέλος, η Ακτινική μέθοδος αφορά πόλεις όπως το Παρίσι, όπου η πόλη εξελίσσεται γύρω από ένα κεντρικό σημείο, το οποίο είναι σύνηθες σε πόλεις που εξελίχθηκαν γύρω από κάστρο και περικλείονταν από τείχος.

### 3.1.2 Πλεονεκτήματα CityEngine

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του CityEngine είναι η ικανότητα δημιουργίας μεγάλων τρισδιάστατων μοντέλων πόλης σε μικρό χρονικό διάστημα. Μόλις σε λίγα λεπτά στο CityEngine μπορεί να δημιουργηθεί ένα μοντέλο πόλης, χαμηλής λεπτομέρειας, όταν ο χρήστης διαθέτει τα περιγράμματα των κτηρίων και ένα πίνακα ιδιοτήτων των κτηρίων που περιέχει τα ύψη τους. Ένα ακόμη πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο χρήστης μπορεί ανά πάσα στιγμή να προσθέσει πληροφορίες σε τμήματα της πόλης είτε χρησιμοποιώντας τα χειρωνακτικά εργαλεία επεξεργασίας, είτε παραποιώντας τον CGA κανόνα.

Ακόμη, το CityEngine είναι σχετικά εύκολο στη χρήση, καθώς δεν χρειάζεται ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού για την σύνταξη των κανόνων και επομένως αποτελεί ένα καλό σημείο εκκίνησης για χρηστές που χρειάζεται να συμπεριλάβουν γλώσσες προγραμματισμού στις εργασίες τους.

Ακόμη, η επιφάνεια εργασίας του χρήστη είναι εύχρηστη και καλά οργανωμένη, ενώ διαθέτει πολλούς και καλούς επεξεργαστές. Ένας τέτοιος επεξεργαστής ο *Facade Wizard*, ο οποίος επιτρέπει την οπτική επεξεργασία μιας πρόσοψης, και τη δημιουργία κανόνων από αυτή, που εφαρμόζονται εντέλει στις προσόψεις.

Τέλος, ένα ακόμη θετικό χαρακτηριστικό του CityEngine είναι η ύπαρξη του εργαλείου *crop image*. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται στην επεξεργασία υφών προσόψεων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς δεν επιβαρύνει τον χρήστη να μεταβεί σε άλλο λογισμικό επεξεργασίας εικόνας εκτός προγράμματος, αν και δεν χρησιμοποιείται στη δημιουργία του οδικού δικτύου.

### 3.1.3 Μειονεκτήματα CityEngine

Το CityEngine παρά τα πολλά του πλεονεκτήματα διαθέτει και αδυναμίες, οι οποίες είναι δυνατόν να επιλυθούν με την περαιτέρω επέκταση του λογισμικού. Με αυτό τον τρόπο θα πραγματοποιηθεί πλήρης εκμετάλλευση όλων των δυνατοτήτων του.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η δημιουργία του μοντέλου ξεκινά με την εισαγωγή δισδιάστατων δεδομένων από γεωβάσεις ή από .osm αρχεία. Μια πρώτη αδυναμία του προγράμματος είναι ότι δεν διαχειρίζεται τα τόξα και τους κύκλους με τον τρόπο που τα διαχειρίζονται οι γεωβάσεις αλλά ούτε και διαθέτει εργαλείο για τη δημιουργία τους. Τα προβλήματα αυτά επιλύονται προσθέτοντας πολλά κοντινά σημεία στην καμπύλη ώστε να προσομοιάσει όσο το δυνατόν περισσότερο σε αυτή, μια διαδικασία που είναι αρκετά χρονοβόρα. Η χειρωνακτική επεξεργασία επίσης υπολείπεται, καθώς δεν υπάρχει ούτε ένα εργαλείο μέτρησης για να επικυρώσει τις διαστάσεις των σχεδίων, ενώ το εργαλείο *Snap* είναι αυτόματο κατά την χειρωνακτική επεξεργασία, σε αντίθεση με άλλα λογισμικά όπως το *ArcGIS* ή το *AutoCAD* που επιλέγει ο χρήστης τη λειτουργία αυτή, δυσχαιρένοντας τον σχεδιασμό όταν παραδείγματος χάριν τοποθετούνται σημεία σε αυστηρά κοντινή διάταξη.

Ένα ακόμη μειονέκτημα του CityEngine που αφορά την τοπολογία του, είναι ότι αυτόματα «κλείνει» τα πολύγωνα που εισάγονται όταν αυτά περιέχουν τρύπες. Το γεγονός αυτό δημιουργεί προβλήματα κυρίως στον προσδιορισμό των υφών του εδάφους σε αντικείμενα όπως δρόμοι και πεζοδρόμια, καθώς το λογισμικό δεν υποστηρίζει την υπέρθεση επιπέδων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η κοπή όλων των πολυγώνων που περιέχουν τρύπες σε ένα ή δύο τμήματα, το οποίο εκτός του ότι είναι χρονοβόρο, εγκυμονεί και τον κίνδυνο να καταστραφούν τα δεδομένα.

Επίσης, το CityEngine δεν διαθέτει σωστή δομή θεματικών επιπέδων, όπως έχουν τα λογισμικά ΣΓΠ, με αποτέλεσμα όταν ένα επίπεδο τοποθετείται πάνω από ένα άλλο να ανακατεύονται τα δεδομένα τους και οπτικά να υπάρχουν θολές διπλές υφές. Ακόμη, το CityEngine δεν υποστηρίζει πλήρως όλα τα γεωγραφικά και προβολικά συστήματα, ενώ μια επιπλέον έλλειψη του λογισμικού είναι η μη ύπαρξη βιβλιοθήκης χαρτών και αντικειμένων, όπως φώτα, δέντρα κ.τ.λ., όπως διαθέτουν τα περισσότερα λογισμικά των ΣΓΠ.

Τέλος, το κυριότερο μειονέκτημα αφορά τον τρόπο με τον οποίο το λογισμικό εξάγει τα δεδομένα του μοντέλου σε ένα αρχείο Γεωβάσης ( *File Geodatabase*). Πιο

συγκεκριμένα, το πρόβλημα έγκειται στο ότι τα δεδομένα του μοντέλου εξάγονται σε μια νέα γεωβάση, χωρίς να μπορούν να προστεθούν σε μια υπάρχουσα, παρά μόνο μέσω ArcCatalog σε επόμενο βήμα. Με αυτόν τον τρόπο δεν υλοποιείται ο στόχος του προγράμματος σε ένα ΣΓΠ, καθώς να μην μπορεί το εξαγόμενο μοντέλο να θεαθεί σε επίπεδα στο ArgGIS αλλά δεν δίνεται η δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας σε αυτό. Τα μοντέλα εξάγονται ως τύπος Multipatch, που επιτρέπει τριγωνικά πλέγματα και κύκλους με υφή, και τα αποτελέσματα είναι αρκετά καλά στο ArcScene, παρόλα αυτά δεν δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας του μοντέλου.

### 3.2 CityGML

Το CityGML είναι ένα ανοικτό πρότυπο μοντελοποίησης, βασισμένο σε XML μορφή για την αποθήκευση και την ανταλλαγή τρισδιάστατων εικονικών μοντέλων πόλης. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα εφαρμογής που στηρίζεται στο Open Geospatial Consortium's Geography Markup Language 3 (GML 3.1). Η Geography Markup Language (GML) είναι μια πρότυπη γλώσσα για τη μοντελοποίηση, την αποθήκευση και τη μεταφορά των γεωγραφικών πληροφοριών. Η GML με την σειρά της στηρίζεται στην γλώσσα eXtensible Markup Language (XML), που αποτελεί ένα καλώς κατανοημένο διαδικτυακό πρότυπο του World-Wide-Web Consortium (W3C), ενώ επίσης είναι προδιαγραφή εφαρμογής του OGC (Open Geospatial Consortium) και διεθνές πρότυπο ISO (International Organization Standards).

Το CityGML αναπτύχθηκε από το Special Interest Group 3D (SIG 3D) ύστερα από πρωτοβουλία της Geodata Infrastructure North- Rhine Westphalia στη Γερμανία. Η ομάδα αυτή αποτελείται από εβδομήντα μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας, της βιομηχανίας και της δημόσιας διοίκησης, τα οποία αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς τομείς και εφαρμογές, όπως το κτηματολόγιο, τον αστικό σχεδιασμό, την πληροφορική, την περιβαλλοντική και εκπαιδευτική προσομοίωση, τις τηλεπικοινωνίες, κ.λπ. Κατά αυτό τον τρόπο, το μοντέλο που δημιουργήθηκε κάλυπτε ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων, ενώ η ανάπτυξή του χρειάστηκε ένα αρκετά μεγάλο διάστημα. Συγκεκριμένα, χρειάστηκε περισσότερο από δύο χρόνια καθημερινών συναντήσεων είκοσι ατόμων, για τον προσδιορισμό του κτιριακού μοντέλου (building model), το οποίο παρουσιάστηκε στη συνέχεια και συζητήθηκε στη διεθνή επιτροπή και στην OGC, όπου και πολλά στοιχεία τέθηκαν σε περαιτέρω βελτιώσεις.

Το CityGML δεν απεικονίζει μόνο τη γραφική αναπαράσταση των μοντέλων πόλης, αλλά συνάμα αναπαριστά τις σημασιολογικές θεματικές ιδιότητες, τις ταξινομήσεις και ομαδοποιήσεις των Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους (DTM), τις περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των κτηρίων, γεφυρών, σηράγγων, βλάστησης, υδατικών συστημάτων, εγκαταστάσεων μεταφορών, και των έπιπλα της πόλης.

Τα υφιστάμενα 3D μοντέλα πόλης έχουν χρησιμοποιήσει δεδομένα για την δημιουργία τους από τις εξής πηγές:

- δεδομένα λείζερ, όπως LIDAR και επίγεια λείζερ,
- φωτογραφίες, όπως επίγειες, δορυφορικές ή αεροφωτογραφίες και ορθοφωτογραφίες,
- χάρτες όπως κτηματολογικά διαγράμματα, γεωλογικούς χάρτες ,σχέδια πόλης

- αρχεία, που μπορεί να περιλαμβάνουν τη διαχρονική ανάλυση του αστικού ιστού, και να εντοπιστούν περιοχές που πρέπει να ερευνηθούν ή διατηρηθούν και
- βάσεις δεδομένων που περιέχουν τις πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία.

Αυτά τα δεδομένα καθίστανται ευρέως διαθέσιμα, όπως επίσης και η δυνατότητα απεικόνισης τους σε πραγματικό χρόνο, από ελεύθερα και 3D εργαλεία θέασης όπως το Google Earth. Συνεπώς, ο αριθμός των 3D μοντέλων πόλης αυξάνεται και πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο έχουν ήδη δημιουργήσει το μοντέλο τους ή βρίσκονται υπό την δημιουργία του. Ένα βασικό πλεονέκτημα του CityGML είναι ότι αποτελεί ένα ανοιχτό πρότυπο και ως εκ τούτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς χρέωση. Ωστόσο, η παραγωγή και η ενημέρωση των 3D μοντέλων πόλης είναι αρκετά ακριβή και για το λόγο διεξάγονται έρευνες όπως το EuroSDR, που σχετίζονται με την αυτόματη παραγωγή 3D μοντέλων πόλης από πολλαπλές πηγές δεδομένων.

Τέλος, στόχος του CityGML είναι η δημιουργία ενός κοινού ορισμού των βασικών οντοτήτων, χαρακτηριστικών και σχέσεων των εικονικών 3D μοντέλων πόλης, έτσι ώστε αυτά να χρησιμοποιηθούν και να είναι λειτουργικά σε διαφορετικά πεδία εφαρμογής. Τα 3D μοντέλων πόλης αφορούν μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών όπως την πολεοδομία και τον αστικό σχεδιασμό, την αρχιτεκτονική, την διατήρηση ιστορικών κτηρίων, τις υποδομές και εγκαταστάσεις των υπηρεσιών, τον σχεδιασμό των τηλεπικοινωνιών, τη ρύθμιση της κυκλοφορίας, τη μοντελοποίηση των καταστροφών, την προώθηση της οικονομική ανάπτυξης, την εσωτερική ασφάλεια και τον τουρισμό. Η χρήση 3D μοντέλων της πόλης, δίνει τη δυνατότητα πρόβλεψης και οπτικοποίησης των αλλαγών στην πόλη μετά από μια προτεινόμενη αλλαγή, ή ακόμη και μετά την εμφάνιση ενός φυσικού φαινομένου. Στην συνέχεια, ακολουθεί περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών του προτύπου ώστε να κατανοηθεί η δομή και η λειτουργία του.

### 3.2.1 Επίπεδα λεπτομέρειας (LODs )

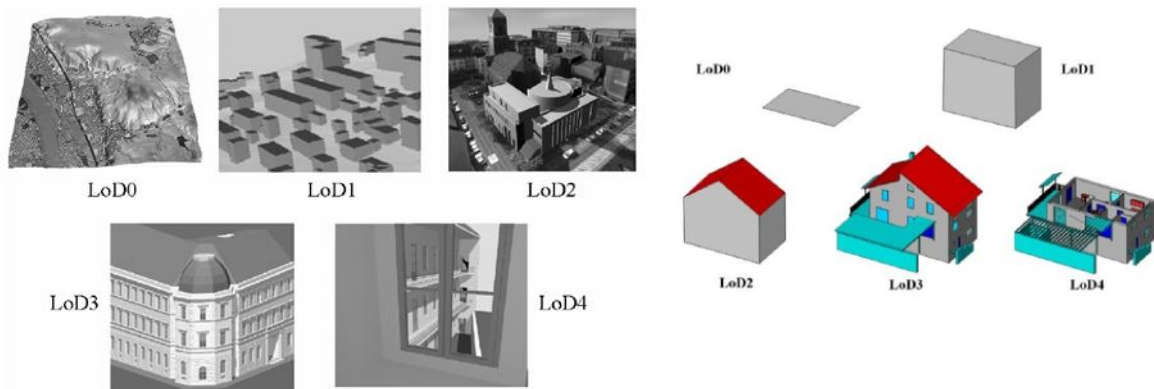
Το CityGML υποστηρίζει πέντε διαφορετικά διαδοχικά επίπεδα λεπτομέρειας (Levels Of Detail - LOD). Αυτά τα επίπεδα λεπτομέρειας, τα λεγόμενα LODs, χρησιμοποιούνται ώστε να καλύπτονται οι ανεξάρτητες διαδικασίες συλλογής δεδομένων με διαφορετικές απαιτήσεις εφαρμογής. Επίσης, τα LODs διευκολύνουν την αποτελεσματική οπτικοποίηση και ανάλυση των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, σε μια CityGML βάση, το ίδιο αντικείμενο μπορεί να αναπαριστάται σε διαφορετικά LODs ταυτόχρονα, επιτρέποντας την ανάλυση και την απεικόνιση του ίδιου αντικείμενου σε διαφορετική κλίμακα ανάλυσης. Επιπλέον, τα δύο σύνολα δεδομένων CityGML που περιέχουν το ίδιο αντικείμενο σε διαφορετικά LODs μπορούν να συνδυαστούν και να ενσωματωθούν. Τα CityGML αρχεία μπορούν να περιέχουν πολλαπλές απεικονίσεις για κάθε αντικείμενο σε πέντε διαφορετικά Επίπεδα λεπτομέρειας ταυτοχρόνως, από LOD0 έως LOD4, τα χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται στην συνέχεια :

- LOD0 – περιφερειακό επίπεδο: το τοπίο στο LOD0 απεικονίζεται χονδροειδώς και η απεικόνιση αυτή ουσιαστικά αποτελεί ένα 2,5D Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM). Ακόμη μπορεί το μοντέλο σε αυτό το αρχικό



επίπεδο λεπτομέρειας να είναι ντυμένο με μια εναέρια εικόνα ή ένα χάρτη.

- LOD1 – επίπεδο πόλης: η περιοχή στο LOD1 απεικονίζεται από ένα σύνολο με πρισματικά κτήρια με επίπεδες στέγες. Το LOD1 είναι γνωστό ως "blocks model".
- LOD2 - επίπεδο συνοικίας: το τρισδιάστατο μοντέλο στο LOD2 περιλαμβάνει τη δομή της οροφής και τις εξωτερικές κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως είναι ο φεγγίτης και η καμινάδα. Ακόμη, στο LOD2 απεικονίζονται οι διαφορές στη δομή της οροφής και στις άλλες οικοδομικές επιφάνειες. Τέλος, αντικείμενα βλάστησης μπορούν επίσης να αναπαρασταθούν.
- LOD3 – επίπεδο κτηρίου : στο επίπεδο αυτό απεικονίζονται λεπτομερή αρχιτεκτονικά μοντέλα της εξωτερικής όψης των κτηρίων, με πληροφορίες για την δομή του τοίχου, της οροφής, των μπαλκονιών, κ.λπ.. Ακόμη, αναπαριστώνται οι υφές των οικοδομικών στοιχείων με υψηλή ανάλυση, όπως επίσης το LOD3 μοντέλο μπορεί να περιέχει λεπτομερείς απεικόνιση της βλάστησης και των στοιχείων που σχετίζονται με τη κυκλοφορία.
- LOD4 –επίπεδο κτηρίου : το επίπεδο αυτό απεικονίζει τα αρχιτεκτονικά μοντέλα των εσωτερικών των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, περιέχει επιπλέον τις εσωτερικές δομές των κτηρίων, όπως τα δωμάτια, τα έπιπλα και το εσωτερικό των εγκαταστάσεων. Στην ουσία, το LOD4 ολοκληρώνει ένα μοντέλο LOD3 προσθέτοντας του τις εσωτερικές δομές των 3D αντικειμένων.



Εικόνα 3.4 : Επίπεδα λεπτομέρειας στο CityGML

Πηγή : Kolbe (2009, 2012)

Επίσης, τα LODs χαρακτηρίζονται από διαφορετικές ακρίβειες και ελάχιστες διαστάσεις στα αντικείμενα. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι απαιτήσεις ακρίβειας και κάποια χαρακτηριστικά του κάθε επιπέδου λεπτομέρειας. Ως ακρίβεια θεωρείται η τυπική απόκλιση  $\sigma$  από την απόλυτη τιμή των 3D συντεταγμένων σημείου. Η σχετική ακρίβεια 3D σημείου προγραμματίζεται να προστεθεί σε μια μελλοντική έκδοση CityGML και είναι συνήθως πολύ υψηλότερη από την απόλυτη ακρίβεια. Ανάλογα με το είδος και την ακρίβεια των δεδομένων που είναι διαθέσιμα, το τρισδιάστατο μοντέλο αναπτύσσεται στο αντίστοιχο επίπεδο λεπτομέρειας.

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Model scale description	regional, landscape	city, region	city districts, projects	architectural models (outside), landmark	architectural models (interior)
Class of accuracy	lowest	low	middle	high	very high
Absolute 3D point accuracy (position / height)	lower than LOD1	5/5m	2/2m	0.5/0.5m	0.2/0.2m
Generalisation	maximal generalisation (classification of land use)	object blocks as generalised features; > 6*6m/3m	objects as generalised features; > 4*4m/2m	object as real features; > 2*2m/1m	constructive elements and openings are represented
Building installations	-	-	-	representative exterior effects	real object form
Roof form/structure	no	flat	roof type and orientation	real object form	real object form
Roof overhanging parts	-	-	n.a.	n.a.	Yes
CityFurniture	-	important objects	prototypes	real object form	real object form
SolitaryVegetationObject	-	important objects	prototypes, higher 6m	prototypes, higher 2m	prototypes, real object form
PlantCover	-	>50*50m	>5*5m	< LOD2	<LOD2
... to be continued for the other feature themes					

Πίνακας 3.1 : Ακρίβεια των CityGML μοντέλων ανάλογα με το LOD

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, στο LOD1 η απόλυτη ακρίβεια του 3D σημείου, σε θέση και το ύψος, θα πρέπει να είναι 5m ή λιγότερο. Για το LOD2 η ακρίβεια θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 2m, ενώ τα αντικείμενα που μπορούν να απεικονιστούν έχουν ελάχιστες διαστάσεις 4m επί 4m. Στο LOD3 η ακρίβεια που απαιτείται είναι 0.5m, και το ελάχιστο ίχνος είναι 2m επί 2m και τέλος στο LOD4 η ακρίβεια των σημείων είναι μικρότερη από 0,2 m.

### 3.2.2 Σημασιολογικό μοντέλο CityGML

Το σημασιολογικό μοντέλο της CityGML χρησιμοποιεί το πρότυπο ISO 19100 για την μοντελοποίηση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 19100, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά είναι αφαιρέσεις των πραγματικών αντικειμένων στον κόσμο και μοντελοποιούνται κατά τάξεις, οι οποίες προσδιορίζονται επίσημα με UML συμβολισμό. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορεί να έχουν ένα αυθαίρετο αριθμό χωρικών και μη χωρικών χαρακτηριστικών. Οι αρχές της αντικειμενοστραφούς μοντελοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να δημιουργηθεί η εξειδίκευση και η ενσωμάτωση σε ιεραρχίες. Το CityGML παρέχει ορισμούς τάξεων, κανονιστικές ρυθμίσεις, καθώς και εξηγήσεις για τη σημασιολογία των πιο σημαντικών γεωγραφικών χαρακτηριστικών που παρατηρούνται στα εικονικά 3D μοντέλα πόλης. Τέτοια γεωγραφικά χαρακτηριστικά είναι τα κτήρια, τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (DTM), οι υδάτινοι όγκοι, η βλάστηση, και τα επίπλα της πόλης.

Όσον αφορά τον ορισμό των κλάσεων, η βασική κλάση όλων των θεματικών κατηγοριών είναι η αφηρημένη κλάση CityObject. Αυτή περιλαμβάνει γνωρίσματα όπως το όνομα, την περιγραφή, και το gml: id από την GML υπερκλάση Features και περιλαμβάνει πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως η ημερομηνία δημιουργίας και λήξης, ώστε να διαμορφωθούν διαφορετικές καταστάσεις για το αντικείμενο ανά χρονικές περιόδους. Κάθε CityObject μπορεί να συνδέεται με τα αντικείμενα σε άλλα σύνολα δεδομένων ή εξωτερικές βάσεις δεδομένων (databases) με έναν αριθμό από εξωτερικές αναφορές(ExternalReferences). Οι αναφορές αυτές μπορούν να αφορούν άλλες απεικονίσεις του αντικειμένου όπως στο κτηματολόγιο, σε συστήματα διαχείρισης επιχειρηματικών πόρων ή άλλα εφαρμογές. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς διατηρούνται συνδέσεις με τα αυθεντικά αντικείμενα από τα

οποία έχουν προέλθει τα 3D μοντέλα. Τα CityObjects μπορούν να συναθροιστούν για την δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου πόλης, το οποίο αποτελεί μια υποκλάση της GML υπερκλάσης FeatureCollection.

Οι υποκατηγορίες των CityObject ανήκουν σε διαφορετικές θεματικές περιοχές και καθορίζονται μέσα στις αντίστοιχες μονάδες τους. Η βασική κλάση του κτιριακού μοντέλου είναι η AbstractBuilding, από την οποία προέρχονται δύο μη-αφηρημένες κλάσεις, η Building και η BuildingPart. Αυτές οι τρεις κλάσεις ακολουθούν το γενικό σύνθετο πρότυπο σχεδιασμού. Δηλαδή, ένα Building μπορεί να περιέχει BuildingParts, και καθώς η τελευταία κλάση προέρχεται από μια AbstractBuilding κλάση.

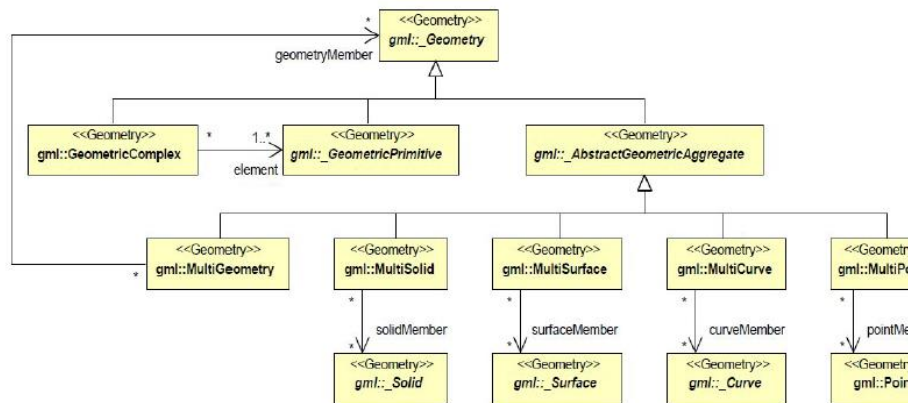
Η κλάση Building ή BuildingPart περιγράφεται από προαιρετικά χαρακτηριστικά που κληρονόμησε από την AbstractBuilding. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η λειτουργία, η χρήση και η κατηγορία του κτηρίου, το έτος κατασκευής και κατεδαφίσεων, ο τύπος οροφής, το μετρημένο ύψος, ο αριθμός και το ύψος των ορόφων πάνω και κάτω από το έδαφος.

Ξεκινώντας από το LOD2 οι οριακές επιφάνειες των κλάσεων Building και BuildingParts μπορούν να αναπαρασταθούν ως σημασιολογικά αντικείμενα στην αφηρημένη υπερκλάση BoundarySurface. Υποκατηγορίες της κλάσης αυτής που είναι οι RoofSurface, WallSurface, GroundSurface, ClosureSurface κ.λπ. και κληρονομούν τα χαρακτηριστικά και τις σχέσεις από την κλάση CityObject από την οποία προέρχονται. Στο LOD3 και LOD4 τα ανοίγματα των οριακών επιφανειών αναπαριστώνται από ρητά θεματικά χαρακτηριστικά των κλάσεων Window (Παράθυρο) ή Door (Πόρτα), ενώ μόνο στο LOD4, τα κτήρια επιτρέπεται να περιλαμβάνουν την κλάση Rooms (Δωμάτια). Όλες οι κλάσεις των χαρακτηριστικών έχουν επιπλέον θεματικές ιδιότητες και σχέσεις σε διάφορες γεωμετρικές κλάσεις, οι οποίες δεν απεικονίζονται σε αυτή την κατηγορία κλάσεων. Ο ορισμός αυτού του μοντέλου δεδομένων περιορίζει τον τρόπο με τον οποίο τα κτήρια εκπροσωπούνται στο μοντέλο της πόλης. Σε συνδυασμό με τους κανονιστικούς ορισμούς των χαρακτηριστικών των κλάσεων, υπάρχει περιορισμός στον τρόπο με τον οποίο συγκεκριμένα στοιχεία μπορούν να καταχωρηθούν και δομηθούν. Κατά αυτό τον τρόπο, καθιερώνεται μια συγκεκριμένη μεθοδολογία για την μοντελοποίηση των κτηρίων ώστε να υπάρχει κοινός κώδικας επικοινωνίας μεταξύ των εφαρμογών και των χρηστών.

### 3.2.3 Γεωμετρικό Μοντέλο CityGML

Η γεωμετρική μοντελοποίηση και περιγραφή των τρισδιάστατων αντικειμένων που συλλέχθηκαν μέσω ενός συστήματος απεικόνισης είναι ένα σημαντικό θέμα, καθώς είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εφαρμογών όπως οι τηλεπικοινωνίες και τα 3D μοντέλα της πόλης. Το CityGML είναι ένα ανοικτό μοντέλο δεδομένων, που βασίζεται σε XML μορφή για την αποθήκευση και την ανταλλαγή των 3D εικονικών μοντέλων πόλης. Το γεωμετρικό μοντέλο CityGML χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο του μοντέλου γεωμετρίας GML3, που είναι μια εφαρμογή του προτύπου ISO 19107. Το GML3, χρησιμοποιείται με άλλα OGC πρότυπα ενώ η προδιαγραφή OpenGIS Web Feature Service (WFS) παρέχει ένα πλαίσιο για την ανταλλαγή των απλών και σύνθετων 3D μοντέλων. Η προδιαγραφή αυτή υλοποιείται ως μια εφαρμογή του σχήματος του GML3 και αποτελεί το επεκτάσιμο διεθνές πρότυπο για τα χωρικά δεδομένα ανταλλαγών που αναπτύσσονται στο πλαίσιο του Open Geospatial

Consortium (OGC) και του ISO TC211. Το γεωμετρικό μοντέλο του GML3 αποτελείται από αρχέτυπα, τα οποία μπορούν να συνδυαστούν για να σχηματίζουν συμπλέγματα, σύνθετες γεωμετρίες ή συσσωματώματα. Υπάρχει ένα γεωμετρικό αρχέτυπο για κάθε διάσταση. Πιο συγκεκριμένα, ένα αντικείμενο μηδενικών διαστάσεων είναι σημείο, μιας διάστασης είναι καμπύλη, δύο διαστάσεων είναι επιφάνεια, και τριών διαστάσεων είναι στερεό. Ένα στερεό οριοθετείται από τις επιφάνειες και μια επιφάνεια από καμπύλες. Στο CityGML, η καμπύλη είναι μια ευθεία γραμμή και οι επιφάνειες πολύγωνα, τα οποία καθορίζουν μια επίπεδη γεωμετρία. Οι συνδυασμένες γεωμετρίες μπορεί να είναι συσσωματώματα (aggregates), σύμπλοκα (complexes) ή σύνθετα των αρχετύπων. Σε ένα συσσωμάτωμα, η χωρική σχέση μεταξύ των συστατικών δεν είναι περιορισμένη, δηλαδή αυτά μπορεί να είναι ξένα μεταξύ τους, να αλληλοεπικαλύπτονται, να ενώνονται, ή να αποσυνδέονται. Το GML3 παρέχει ένα ειδικό συσσωμάτωμα για κάθε διάσταση, το MultiPoint, το MultiCurve, το MultiSurface και το MultiSolid.



Εικόνα 3.5 :Διάγραμμα UML γεωμετρικό μοντέλο CityGML

Πηγή : Kolbe, (2009)

Σε αντίθεση με τα συσσωματώματα (aggregates), το σύμπλεγμα (Complex) είναι τοπολογικά δομημένα. Ένα σύνθετο (compositive) είναι ένα ειδικό σύμπλεγμα που παρέχεται από τη GML3. Τα στοιχεία του πρέπει να είναι ξένα μεταξύ τους, αλλά θα πρέπει να συνδέονται τοπολογικά, κατά μήκος των συνόρων τους. Ένα σύνθετο μπορεί να είναι είτε CompositeSolid, είτε CompositeSurface είτε CompositeCurve.

Επίσης, στοιχείο γεωμετρίας μπορεί να έχει το δικό του σύστημα αναφοράς συντεταγμένων. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 19107 και GML3, οι γεωμετρίες των γεωγραφικών χαρακτηριστικών απεικονίζονται ως αντικείμενα που έχουν μια ταυτότητα και γεωμετρικές υποδομές. Το GML3 παρέχει κλάσεις για 0D σε 3D γεωμετρικά αρχέτυπα, 1D-3D σύνθετες γεωμετρίες, και 0D-3D γεωμετρικά αρχέτυπα. Σύνθετες γεωμετρίες όπως CompositeSurface πρέπει να είναι τοπολογικά συνδεδεμένες και ισομορφικές σε ένα αρχέτυπο από την ίδια διάσταση (π.χ., επιφάνεια). Οι επιφάνειες στο CityGML εκπροσωπούνται από πολύγωνα, τα οποία καθορίζουν μια επίπεδη γεωμετρία. Συγκεντρωτικά γεωμετρίες όπως MultiSurface ή MultiSolid δεν επιβάλλουν τοπολογικούς περιορισμούς και έτσι τα συστατικά τους μπορούν επίσης να ενωθούν ή να είναι ξένα μεταξύ τους.

Οι ογκομετρικές γεωμετρίες μοντελοποιούνται με βάση τη BoundaryRepresentation(b-rep), όπου το κάθε ένα στερεό οριοθετείται από μια κλειστή επιφάνεια, συνήθως μια CompositeSurface. Ακόμη, σε αυτό όλες οι συντεταγμένες ανήκουν σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (Coordinate Reference System-CRS), ενώ οι τοπικοί μετασχηματισμοί δεν επιτρέπονται. Τα τρισδιάστα 3D συστήματα αναφοράς αναφέρονται σε γεωγραφικά ή προγραμματισμένα παγκόσμια συστήματα αναφοράς. Επιπλέον, η GML3 υποστηρίζει σύνθετα σύστημα συντεταγμένων, 2D + 1D, με διαφορετικό σύστημα αναφοράς για επιπεδομετρία (x, y) και διαφορετικό για τις κατακόρυφες συντεταγμένες (z). Η σύνδεση του κάθε αντικειμένου με ένα CRS διευκολύνει την ενσωμάτωση των δεδομένων, με την εφαρμογή του αντίστοιχου γεωδαιτικού συστήματος και την πραγματοποίηση μετασχηματισμών. Το πλεονέκτημα της ύπαρξης απόλυτων συντεταγμένων είναι ότι κάθε αντικείμενο ανήκει σε μία ακριβώς σταθερή θέση στο χώρο, με αποτέλεσμα την δημιουργία χωρικών ευρετηρίων σε γεωβάσεις (geodatabases) ή συστήματα γεωπληροφορικής. Το CityGML παρέχει μια επέκταση στο γεωμετρικό μοντέλο GML3 που ονομάζεται ImplicitGeometry. Η επέκταση αυτή αναφέρεται σε μια γεωμετρία σχήματος σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν μια μήτρα μετασχηματισμού και ένα σημείο αναφοράς σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ευρεία υποστήριξη του συστήματος, το CityGML περιορίζεται επίσης σε μη-καμπύλες (noncurved) γεωμετρίες, καθώς αυτές δεν μπορούν επαρκώς να αντιμετωπιστούν με τη χρήση GIS ή συστημάτων διαχείρισης βάσεων χωρικών δεδομένων. Ως εκ τούτου, αντικείμενα με καμπύλες επιφάνειες του πραγματικού κόσμου προσεγγίζονται με πολυεδρικές επιφάνειες. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 19109 τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να ενταχθούν σε περισσότερες από μία χωρική ιδιοκτησία, καθώς οι περισσότερες κλάσεις, όπως η AbstractBuilding ή Room εκχωρούνται σε ατομικές γεωμετρίες για τα διάφορα LODs από πολλαπλές ενώσεις με την ίδια γεωμετρική κλάση. Για ένα δεδομένο μοντέλο πόλης δεν είναι συχνά γνωστό, αν τα δεδομένα έχουν τοπολογική υπόσταση. Για παράδειγμα, οι οριακές επιφάνειες των κτηρίων μπορεί να μην κλείνουν ή να περιέχουν πρόσθετες επιφάνειες, οι οποίες δεν ανήκουν στο όριο του όγκου (π.χ. προεξοχή στέγης). Για το λόγο αυτό, οι γεωμετρίες όλων των θεματικών χαρακτηριστικών μπορούν να αναπαρασταθούν είτε ως MultiSurfaces, συλλογή των επιφανειών στον 3D χώρο, είτε ως Solids, στερεά που να οριοθετούνται από μια κλειστή επιφάνεια.

### 3.2.4 Τοπολογικό Μοντέλο CityGML

Η τοπολογική ορθότητα των γεωμετρικών αντικειμένων είναι μεγάλης σημασίας. Αυτό συμβαίνει καθώς για να υπολογιστούν οι όγκοι των αντικειμένων θα πρέπει να είναι κλειστές οι επιφάνειες οριοθέτησής τους και τα γειτονικά αντικείμενα να εφάπτονται χωρίς να διεισδύει το ένα στο άλλο. Μέχρι τώρα η γεωμετρική-τοπολογική δομή αφορούσε συντεταγμένες που αποθηκεύονται μόνο εντός των κόμβων ή τα σημεία που αναφέρονται σε κόμβους, ενώ στην συνέχεια κατασκευάστηκαν μεγαλύτερων διαστάσεων αρχέτυπα, συνδέοντας αρχέτυπα μικρότερων διαστάσεων. Με αυτόν τον τρόπο, κόμβοι, ακμές και επιφάνειες μπορούν να αφορούν διαφορετικά αρχέτυπα για την δημιουργία σύνθετων σχημάτων. Με την

χρήση αρχετύπων δημιουργείται μια ρητή σύνδεση ανάμεσα σε αυτά των υψηλότερων διαστάσεων, και αποφεύγονται τα κενά και η διαπερατότητα.

Το τοπολογικό μοντέλο του ISO 19107 και GML3 ακολουθεί την μέθοδο της πλήρους αποσύνθεσης των n-διαστάσεων τοπολογικών αρχετύπων σε (n-1) διαστάσεων αρχέτυπα, τα οποία και πάλι αποσυντίθενται μέχρι το επίπεδο των κόμβων (0D). Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε αρχέτυπο δημιουργεί ένα αντικείμενο, ενώ η τοπολογική αναπαράσταση σε GML απαιτεί κατάλληλες τοπολογικές ιδιότητες στην εφαρμογή σχήματος του CityGML. Κατά αυτό τον τρόπο, τόσο οι ιδιότητες της γεωμετρίας όσο και της τοπολογίας θα πρέπει να προστίθενται στο μοντέλο των δεδομένων ξεχωριστά για κάθε επίπεδο λεπτομέρειας.

Καθώς το CityGML πρέπει να είναι σε θέση να αναπαριστά αφενός καθαρά γεωμετρικά μοντέλα και αφετέρου γεωμετρικά-τοπολογικά μοντέλα, η χρήση της τοπολογικού μοντέλου GML3 αυξάνει σημαντικά την πολυπλοκότητα του μοντέλου δεδομένων και των συνόλων δεδομένων. Πράγματι, η κοινή επιφάνεια ενός τοίχου μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για παράδειγμα για το σπίτι και το γκαράζ όταν αυτά εφάπτονται. Το παραπάνω μπορεί να εφαρμοστεί στην GML γλώσσα, παρέχοντας τον ορισμό της γεωμετρίας της επιφάνειας εντός των προδιαγραφών της γεωμετρίας του στερεού (που οριοθετείται από μια σύνθετη επιφάνεια) είτε του σπιτιού είτε του κτηρίου. Στην αναπαράσταση του άλλου στερεού, συμπεριλαμβάνεται αυτή η επιφάνεια δι' αναφοράς (όχι με τιμή), η οποία δημιουργεί τη σύνδεση μεταξύ των δύο στερεών.

### 3.2.5 Εμφάνιση

Οι πληροφορίες σχετικά με την εμφάνιση μιας επιφάνειας, δηλαδή παρατηρούμενες ιδιότητες της επιφάνειας, θεωρούνται αναπόσπαστο μέρος των εικονικών 3D μοντέλων πόλης εκτός από τις σημασιολογικές και χωρικές ιδιότητες. Οι εμφανίσεις περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά των επιφανειών, όπως αυτά απεικονίζονται από συγκεκριμένους αισθητήρες, όπως RGB ή υπέρυθρων (IR) καμερών και δεν περιορίζονται σε οπτικά δεδομένα αλλά αντιπροσωπεύουν αυθαίρετες κατηγορίες, τα λεγόμενα θέματα, όπως η υπέρυθη ακτινοβολία και ο θόρυβος. Κατά συνέπεια, οι εμφανίσεις μπορούν να χρησιμεύσουν ως βάση για την οπτικοποίηση των αντικειμένων αλλά και για την ανάλυση εργασιών. Για κάθε επιφάνεια επιτρέπεται να έχουν εκχωρηθεί πολλές εμφανίσεις, οι οποίες όμως θα πρέπει να αναφέρονται σε θέματα, για παράδειγμα η πρόσοψη ενός κτηρίου σε RGB το χειμώνα και το καλοκαίρι.

Τα δεδομένα της εμφάνισης παρέχονται από εικόνες υψής ή από τους ορισμούς των υλικών. Το CityGML παρέχει διαφορετικούς τρόπους για τη αντιστοίχιση των αναλογικών δεδομένων (raster data) στις επιφάνειες. Το GeoreferencedTextures μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την εμφάνιση μη κάθετων επιφανειών. Έτσι για παράδειγμα, ένας εναέριος ορθοφωτοχάρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με τις πληροφορίες γεωαναφοράς του να περιγράψει τις εμφανίσεις των επιφανειών των ταρατσών.

Από την άλλη πλευρά είναι στην ευχέρεια του θεατή να υπολογίσει τις κατάλληλες εκτάσεις των υφών από το δισδιάστατο αποτύπωμα στην αντίστοιχη τρισδιάστατη επιφάνεια. Οι ParameterizedTextures χρησιμοποιούν είτε συντεταγμένες υψής για την

κάθε επιφάνεια που θα πρέπει να χαρτογραφηθούν είτε μια μήτρα προβολής. Αυτό μπορεί να υπολογιστεί από το εξωτερικό προσανατολισμό της κάμερας και το εστιακό μήκος που σχετίζεται με την εικόνα της υφής. Οι 3D επιφάνειες μπορεί να αναφέρονται στην εικόνα στην οποία παρατηρείται καλύτερα επιφάνειά τους, ενώ το υπόλοιπο μπορεί να είναι υπολογίζεται με αυτές τις πληροφορίες από έναν θεατή (ή μια υπηρεσία 3D web απεικόνισης, όπως το Web 3D Viewer).

### 3.2.6 Χωρο-σημασιολογική Συνοχή

Το πρότυπο ISO 19109 για την μοντελοποίηση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών προδιαγράφει διπλή δομή, αυτή των θεματικών κατηγοριών των αντικειμένων (feature classes) και αυτή των χωρικών ιδιοτήτων με την χρήση των γεωμετρικών και τοπολογικών τάξεων του ISO 19107. Στο CityGML, αντικείμενα όπως τα κτήρια αποσυντίθενται τόσο όσον αφορά τη θεματική τους δομή σε BuildingParts, Rooms, WallSurfaces, κ.λπ., αλλά και όσον αφορά τη γεωμετρική τους δομή σε CompositeSolids που αποτελούνται από στερεά, τα οποία οριοθετούνται από CompositeSurfaces. Γενικά, τα αντικείμενα θα πρέπει να έχουν μια συνεκτική θεματική και χωρική δομή. Πιο συγκεκριμένα, κάθε θεματικό σύμπλοκο αντικειμένου συνδέεται με ένα γεωμετρικό σύμπλοκο αντικειμένου και αντίστοιχα κάθε μία από τις θεματικές συνιστώσες συνδέονται επίσης με γεωμετρικά συστατικά. Για παράδειγμα, σε ένα κτήριο μπορεί να έχει καταχωρηθεί μια σταθερή γεωμετρία σε LOD2. Αν όμως το κτήριο αποσυντεθεί περαιτέρω σε θεματικές επιφάνειες όπως WallSurface, RoofSurface κλπ οι γεωμετρίες τους θα πρέπει να αναφέρονται σε αυτές τις επιφάνειες των γεωμετρικών αντικειμένων που αποτελούν μέρος του εξωτερικού κελύφους της στερεής γεωμετρίας του κτηρίου. Ένα πλήρως συνεκτικό σύνολο δεδομένων έχει το πλεονέκτημα ότι κάθε αντικείμενο γεωμετρίας "γνωρίζει" ποιο θεματικό ρόλο διαδραματίζει και κάθε θεματικό χαρακτηριστικό "γνωρίζει" τη θέση και τη χωρική έκταση του.

Το CityGML είναι ευέλικτο στη χωρο-σημασιολογική συνοχή. Είναι δυνατόν να αναπαραστήσει πλήρως συνεκτικά σύνολα δεδομένων, στα οποία είτε τα σημασιολογικά αντικείμενα είτε τα αντικείμενα γεωμετρίας είναι βαθύτερα δομημένα. Αυτό μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα, στην περίπτωση που η γεωμετρία ενός κτηρίου ανακατασκευάστηκε ή αποκτήθηκε ως μια σύνθετη συσσωμάτωση ιεραρχίας, η οποία, ωστόσο, εκχωρείται ως ένα απλό Building αντικείμενο χωρίς καμία περαιτέρω θεματική αποσύνθεση.

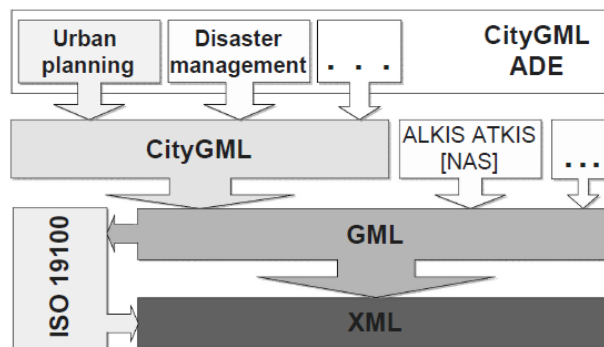
### 3.2.7 Επέκτασιμότητα

Το CityGML έχει σχεδιαστεί ως ένα παγκόσμιο τοπογραφικό μοντέλο πληροφοριών που καθορίζει τάξεις χαρακτηριστικών και ιδιότητες που είναι χρήσιμες για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ωστόσο, σε πρακτικές εφαρμογές είναι συχνά απαραίτητη η αποθήκευση και ανταλλαγή επιπλέον ιδιοτήτων ή ακόμα και 3D αντικειμένων, τα οποία δεν ανήκουν σε κάποια από τις προκαθορισμένες κατηγορίες.

Για αυτές τις περιπτώσεις, το CityGML παρέχει γενικά δύο διαφορετικούς τρόπους επέκτασης. Ο πρώτος έχει να κάνει με την χρήση των γενόσημων αντικειμένων της πόλης και των γενικών χαρακτηριστικών, που ορίζονται στο πλαίσιο του μοντέλου ως «generics». Κάθε CityObject μπορεί να έχει ένα αυθαίρετο αριθμό πρόσθετων γενικών χαρακτηριστικών (\_GenericCityObject). Ο δεύτερος τρόπος για επέκταση στο CityGML πραγματοποιείται μέσω του Application Domain Extensions (ADE), το



οποίο αποτελεί μια εφαρμογή που προσδιορίζει τις συστηματικές επεκτάσεις των δεδομένων στο CityGML μοντέλο. Αυτές περιλαμβάνουν την εισαγωγή των νέων ιδιοτήτων σε υφιστάμενες κλάσεις όπως ο αριθμός των κατοίκων του κτηρίου. Η διαφορά μεταξύ των ADEs και των γενικών αντικειμένων και χαρακτηριστικών έγκυται στο ότι ένα ADE πρέπει να οριστεί εντός ενός επιπλέον XML αρχείου ορισμού σχήματος με δικό του όνομα. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι η επέκταση είναι προδιαγεγραμμένη. Εκτεταμένα αρχεία παραδειγμάτων CityGML μπορούν να επικυρωθούν με το CityGML και το αντίστοιχο ADE σχήμα. Τα ADEs μπορούν να προσδιοριστούν (ακόμη και τυποποιημένα) από κοινότητες πληροφοριών που ειδικεύονται στις συγκεκριμένες εφαρμογές, ενώ περισσότερα από μία ADE μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ίδια βάση δεδομένων.



Εικόνα 3.6 : Εισαγωγή CityGML ADEs στο πρότυπο του CityGML

Πηγή :Kolbe, (2009)

### 3.2.8 Σχέση με άλλα 3D Πρότυπα

Τα τρισδιάστατα εικονικά μοντέλα πόλης δεν χρησιμοποιούνται μόνο στα πλαίσια των συστημάτων γεωπληροφορικής. Τομείς όπως η αρχιτεκτονική, η μηχανική, η κατασκευή και η διαχείριση εγκαταστάσεων (AEC / FM) και ο τομέας των γραφικών υπολογιστών παρέχουν τα δικά τους πρότυπα για την αναπαράσταση και την ανταλλαγή των 3D μοντέλων. Στη συνέχεια, αναλύονται οι σχέσεις του CityGML με αυτά τα πρότυπα.

#### 3.2.8.1 BIM, IFC και CityGML

Το BIM (Building Information Model) αποτελεί ένα σημασιολογικό μοντέλο αντικειμένων και διεργασιών στον τομέα των κατασκευών και διαχείρισης εγκαταστάσεων (AEC / FM) και CAD. Όπως και στο CityGML, τα θεματικά αντικείμενα αντιπροσωπεύονται από τις τρισδιάστατες χωρικές ιδιότητες και τις μεταξύ τους σχέσεις. Τα στοιχεία συνήθως ανταλλάσσονται μέσω ενός προτύπου ISO, του Industry Foundation Class (IFC) που περιγράφει ένα μοντέλο προϊόντος και τη μορφή ανταλλαγής δεδομένων για το δομημένο περιβάλλον, το οποίο αναπτύχθηκε από τη Διεθνή Συμμαχία για τη διαλειτουργικότητα (International Alliance for Interoperability- IAI). Το IFC παρέχει ένα λεπτομερές σημασιολογικό μοντέλο για τις 3D αναπαραστάσεις των κτηρίων χρησιμοποιώντας στοιχεία όπως δοκάρια, τοίχους κλπ. Οι IFC γεωμετρικές όπως και οι GML, είναι χωρικές ιδιότητες των σημασιολογικών αντικειμένων. Το IFC διαθέτει ένα αρκετά ευέλικτο μοντέλο



γεωμετρίας (CSG, Brep, και Sweep representations). Παρόλα αυτά δεν παρέχει την δυνατότητα γεωαναφοράς του μοντέλου καθώς δεν υποστηρίζει τα συστήματα αναφοράς συντεταγμένων (CRS). Κατά αυτό τον τρόπο, το IFC περιορίζεται σε κτήρια και τοποθεσίες, χωρίς να περιέχει τοπογραφικά χαρακτηριστικά, όπως το έδαφος, η βλάστηση, τους υδατικούς πόρους.

Το IFC είναι ένα σημασιολογικό μοντέλο, όπως το CityGML, αλλά με ένα διαφορετικό πεδίο εφαρμογής και σε διαφορετική κλίμακα. Τα IFC μοντέλα μπορούν να μετατραπούν σε CityGML σε διαφορετικά LODs διατηρώντας τις περισσότερες από τις σημασιολογικές πληροφορίες τους, αφού πρώτα τα CSG και οι sweep γεωμετρίες μετατραπούν σε Brep. Με αυτό τον τρόπο, τα IFC αντικείμενα μπορούν να εισαχθούν στα πλαίσια των μοντέλων πόλης μέσα σε ένα GIS ή σε χωρική βάση δεδομένων και στη συνέχεια να γίνουν χωρικές και θεματικές ερωτήσεις.

Η παραγωγή IFC αντικειμένων από δεδομένα CityGML αποτελεί θέμα μελλοντικής έρευνας, καθώς στα CityGML μοντέλα επιφάνειας, τα ογκομετρικά συστατικά πρέπει να ανακατασκευαστούν. Ωστόσο, το CityGML μπορεί να αποτελέσει ένα ενδιάμεσο βήμα για την αυτόματη απόκτηση των μοντέλων IFC, καθώς οι κλάσεις αντικειμένων του CityGML όπως WallSurface, RoofSurface είναι αρκετά κοντά σε φωτογραμμετρικές παρατηρήσεις ή γεωδαιτικές μετρήσεις από τα μοντέλα του IFC.

### 3.2.8.2 3D Γραφικά Υπολογιστών και Γεωαπεικόνιση/ X3D & KML

Το CityGML είναι συμπληρωματικό σε 3D πρότυπα γραφικών του υπολογιστή, όπως X3D, VRML, ή COLLADA και geovisualization πρότυπα όπως KML. Αυτά τα πρότυπα αφορούν τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζονται επαρκώς τα 3D μοντέλα και πώς να αλληλεπιδρούν με αυτά. Τόσο σε X3D όσο και σε KML μπορούν να χρησιμοποιηθούν γεωαναφερμένες συντεταγμένες. Ακόμη, αν και είναι δυνατή η ανταλλαγή σημασιολογικής πληροφορίας χρησιμοποιώντας X3D ή KML, οι προδιαγραφές δεν τυποποιούν τον τρόπο αντιπροσώπευσης των πολύπλοκων γεωγραφικών χαρακτηριστικών και τις μεταξύ τους σχέσεις. Το CityGML αν και θεωρείται πλούσια μορφή πηγής από την οποία μπορούν εύκολα να παραχθούν X3D ή KML αρχεία, δεν είναι βελτιστοποιημένο όσον αφορά την αποτελεσματική απεικόνιση. Ωστόσο, οι σημασιολογικές πληροφορίες που δόθηκαν από την εισαγωγή των CityGML αντικειμένων σε θεματικές κατηγορίες, όπως κτήρια, πόρτες, φυτά, και την παροχή θεματικών χαρακτηριστικών μπορούν να αξιοποιηθούν για να φιλτράρουν τα αντικείμενα και να δημιουργηθούν 3D γραφικά σχημάτων, όπου θα απεικονίζονται οι ιδιότητες και τα υλικά αντίστοιχα.

### 3.2.9 Εφαρμογές

Το CityGML ήδη χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς εφαρμογής. Για παράδειγμα, η χαρτογράφηση της ηχορύπανσης του περιβάλλοντος για ολόκληρη την πολιτεία της Βόρειας Ρηνανίας-Βεστφαλίας στη Γερμανία, γίνεται με βάση τα στοιχεία του CityGML. Πιο συγκεκριμένα, η βάση αυτή περιλαμβάνει περίπου 8,6 εκατομμύρια κτήρια σε LOD1, οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα σε LOD0, και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε LOD1, ενώ για να διευκολυνθεί η προσομοίωση των εκπομπών θορύβου, δημιουργήθηκε μια ειδική επέκταση στο CityGML, η NOISE ADE, η οποία επεκτείνει τις Feature Classes με στοιχεία θορύβου, όπως ο αριθμός των αυτοκινήτων κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας ή το είδος του οδοστρώματος και το υλικό του. Επίσης, ένας καινούργιος τύπος χαρακτηριστικού δημιουργήθηκε που αντιπροσωπεύει τους τοίχους προστασίας από το θόρυβο. Το πλήρες σύνολο

δεδομένων (dataset) αποτελείται από κτήρια, δρόμους, σιδηρόδρομους, DTM, και ηχοπετάσματα. Η αναπαράσταση αυτή, ως ένα αρχείο CityGML, αποτελεί μια προσομοίωση του θορύβου της περιοχής, η οποία είναι προσβάσιμη στην υπηρεσία Web Feature μέσω Διαδικτύου.

Αρκετοί Δήμοι σήμερα δημιουργούν και ανταλλάσσουν τρισδιάστατα μοντέλα πόλης βασισμένα στο πρότυπο του CityGML. Χρησιμοποιούν τα μοντέλα τους, κυρίως για τον αστικό σχεδιασμό, την ανάπτυξη των επιχειρήσεων της πόλης και τον τουρισμό. Περιοχές που έχουν υιοθετήσει αυτή την τακτική είναι οι πόλεις του Βερολίνου, της Στουτγάρδης, της Κολωνίας, του Μόναχο, του Ντίσελντορφ, της Φρανκφούρτης, και πολλές άλλες που παρέχουν CityGML μοντέλα πόλης. Σε επόμενο κεφάλαιο, αναλύεται εκτενώς το τρισδιάστατο μοντέλο πόλης του Βερολίνου, το οποίο στηρίζεται στις σημασιολογικές πληροφορίες του CityGML και περιλαμβάνει το ενεργειακό αποτύπωμα των κτηρίων της πόλης (Atlas Energy Berlin).

Ακόμη, το CityGML χρησιμοποιείται σαν εργαλείο για τη διαχείριση των καταστροφών. Αυτό συμβαίνει καθώς τα τρισδιάστατα μοντέλα πόλης παρέχουν:

- 3D οπτικοποίηση, εντοπισμό και προσανατολισμό εξωτερικά και εσωτερικά του κτηρίου,
- οπτικοποίηση των αποφραγμένων κινδύνων όπως σωλήνες αερίου,
- σχεδιασμό επιχειρήσεων για την διαχείριση καταστροφών όπως καθορισμός της διαδρομής έκτακτης ανάγκης,
- προσομοίωση των φυσικών καταστροφών όπως πλημμύρες και σεισμοί,
- εκπαίδευση του προσωπικού μέσω της προσομοίωσης,
- αξιολόγηση του μεγέθους της καταστροφής,
- ανοικοδόμηση των καταστραμμένων εγκαταστάσεων

Το CityGML αποτελεί ένα σημασιολογικό μοντέλο (που καθορίζεται από ένα τυπικό μοντέλο δεδομένων) αλλά και μια μορφή ανταλλαγής των 3D εικονικών μοντέλων πόλης και των μοντέλων τοπίου. Οι κανόνες για την απόκτηση και δόμηση των αστικών αντικειμένων ακολουθούν εμμέσως αυτή τη σημασιολογική μοντελοποίηση.

Το μοντέλο δεδομένων του CityGML εξισορροπεί μεταξύ της αυστηρότητας και της γενίκευσης. Για το σκοπό αυτό αποτελείται από τρία κύρια μέρη: 1) το κυρίως θεματικό μοντέλο με σαφώς καθορισμένα LODs, τάξεις, χωρικά και θεματικά χαρακτηριστικά, καθώς και τις σχέσεις, 2) τα GenericCityObjects και τα γενικά χαρακτηριστικά που επιτρέπουν την επέκταση των δεδομένων CityGML και 3) το ADE για να διευκολύνει τη συστηματική επέκταση για συγκεκριμένα πεδία εφαρμογών. Το CityGML εξισορροπεί επίσης μεταξύ των απλών αντικειμένων και των αντικειμένων με περίπλοκες θεματικές και χωρικές δομές. Στα δεδομένα δίνεται μεγάλη ευελιξία στο να αυξηθούν, προστατεύοντας την χωρική και σημασιολογική τους δομή καθώς και την τοπολογική ορθότητα τους σε διάφορα στάδια απόκτησης δεδομένων ή σε μια αλυσίδα επεξεργασίας του μοντέλου πόλης.

## 4. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο άνθρωπος σήμερα είναι πλήρως εξαρτημένος από την κατανάλωση διάφορων μορφών ενέργειας, καθώς αυτή είναι απαραίτητη για την καθημερινή του επιβίωση και διαβίωση. Τα κτήρια ως αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του ανθρώπου, καταναλώνουν ενέργεια τόσο για την διατήρηση εσωτερικών συνθηκών άνεσης που έχουν να κάνουν με την θέρμανση, τον κλιματισμό, τον αερισμό, τον φωτισμό, όσο και για την χρήση ειδικών συσκευών για την ικανοποίηση των αναγκών του ανθρώπου που αφορούν την διατροφή, την καθαριότητα, την ψυχαγωγία. Για την εκπλήρωση των παραπάνω λειτουργιών χρησιμοποιείται ενέργεια που προέρχεται ως επί το πλείστον από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως πετρελαίου, φυσικού αερίου και γαιανθράκων (λιγνίτης, κάρβουνο, κτλ), αλλά και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η ενέργεια των κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοκαύσιμα, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται από τα κτήρια λόγω των αυξανόμενων ανθρώπινων απαιτήσεων. Η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση της ενέργειας, οξύνει όλο και περισσότερο το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με αποτέλεσμα να γίνεται επιτακτική ανάγκη ο περιορισμός της σε παγκόσμια κλίμακα. Οι προσπάθειες συγκλίνουν στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ιδιαίτερα από συμβατικά καύσιμα και κατά συνέπεια στην μείωση των ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και κυρίως των αερίων που είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και έχουν ως συνέπεια την κλιματική αλλαγή. Στα πλαίσια αυτά, πραγματοποιούνται ενέργειες τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο που αποσκοπούν στην μείωση των εκπομπών των ρύπων περιορίζοντας την κατανάλωση ενέργειας ή διαφορετικά εξοικονομώντας ενέργεια.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι ενεργειακές απαιτήσεις των κτηρίων καθώς επίσης και η ενεργειακή κατάσταση του κτιριακού αποθέματος της Ελλάδας. Ακόμη, παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι νόμοι που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας κυρίως στα κτήρια, τόσο στη διεθνή όσο στην Ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία. Στη συνέχεια, γίνεται περιγραφή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ) που ισχύει στην χώρα για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, και των παραμέτρων που αυτός λαμβάνει υπόψιν. Τέλος, περιγράφεται η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια και δίνονται κάποιες προτάσεις για την εφαρμογή της.

### 4.1 Ενεργειακές Ανάγκες Κτηρίων

Οι ενεργειακές ανάγκες των κτηρίων προέρχονται από λειτουργίες τους, οι οποίες για να πραγματοποιηθούν απαιτούν την κατανάλωση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, οι λειτουργίες αυτές περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, θέρμανση, κλιματισμό, θέρμανση νερού, τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών (κουζίνα, πλυντήριο, ηλεκτρονικός υπολογιστής, κτλ.) αλλά και οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα που μπορεί να αναπτυχθεί και απαιτεί κατανάλωση ενέργειας με σκοπό την εξυπηρέτηση των

αναγκών και των απαιτήσεων των ατόμων που δραστηριοποιούνται στο κτήριο. Φυσικά, οι ενεργειακές απαιτήσεις και ανάγκες τόσο σε είδος όσο και σε μέγεθος καθορίζονται από τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό, οι οποίες με την σειρά τους εξαρτώνται από την χρήση του κάθε κτηρίου.

Βασικό μέλημα στην κατασκευή κτηρίων είναι οι εσωτερικοί χώροι να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, επίπεδα φωτισμού, χρωμάτων, θορύβων ή άλλων ενοχλήσεων και ποιότητας αέρα. Ολά τα παραπάνω εγκυνούνται ένα καλό εσωτερικό περιβάλλον με θερμική άνεση, οπτική άνεση, ακουστική άνεση, και συνάμα υγιεινό περιβάλλον, δηλαδή με την κατάλληλη ποιότητα αέρα όπως αυτό γίνεται αισθητό μέσω του δέρματος (θερμοκρασία, υγρασία, κίνηση αέρα), τα μάτια (επίπεδα φωτισμού και θερμοκρασιακές μεταβολές), τα αυτιά (ατμοσφαιρική πίεση, θόρυβοι), και τη μύτη (θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα αέρα).

#### **4.1.1 Παραγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια**

Η κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι και προσδιοριστικότεροι από αυτούς για την κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων μιας χώρας, πόλης ή περιοχής είναι οι εξής : οι κλιματικές συνθήκες, τα πρότυπα διαβίωσης, ο πληθυσμός, η οικονομική ανάπτυξη, οι ενεργειακές πηγές και η τεχνολογία.

Αρχικά, οι κλιματικές συνθήκες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των αναγκών για ενέργεια σε μια πόλη ή περιοχή. Οι θερμοκρασίες, οι βροχοπτώσεις, οι άνεμοι κλπ., είναι αυτά που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες για θέρμανση και κλιματισμό και κατά συνέπεια την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων.

Τα πρότυπα διαβίωσης και ο τρόπος ζωής αποτελούν επίσης σημαντικούς παράγοντες για την διαμόρφωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των ατόμων που ζουν στα κτήρια. Η αύξηση της ευημερίας οδηγεί σε υψηλότερο βιοτικό επίπεδο, το οποίο συνεπάγεται καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Οι καλύτερες συνθήκες διαβίωσης αφορούν μεγαλύτερες ανάγκες για χρήση των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και των ηλεκτρικών συσκευών καθώς επίσης και την αύξηση της διαθέσιμης επιφάνειας της κατοικίας που οδηγεί σε υψηλότερες ποσότητες καταναλισκόμενης ενέργειας. Επίσης, στα πρότυπα διαβίωσης συμπεριλαμβάνονται και οι συνήθειες των κατοίκων, οι παραδόσεις και η εκπαίδευση που και αυτά με την σειρά τους επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων.

Όσον αφορά τον πληθυσμό και το πώς αυτός επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση, η αύξηση του πληθυσμού οδηγεί σε αύξηση των κτηρίων, η οποία με την σειρά της οδηγεί σε πολλαπλασιασμό των ενεργειακών αναγκών. Έτσι, η αύξηση του πληθυσμού εντείνει και την ενεργειακή κατανάλωση. Επίσης, η συνολική ζήτηση της ενέργειας εξαρτάται και από την ηλικία και τα λοιπά χαρακτηριστικά των ατόμων που απάρτιζουν τον πληθυσμό της περιοχής-πόλης-χώρας.

Η οικονομική ανάπτυξη αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση. Η οικονομική ανάπτυξη μιας περιοχής έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων της, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Στις αναπτυγμένες χώρες, η οικονομική ανάπτυξη οδηγεί στην αναζήτηση

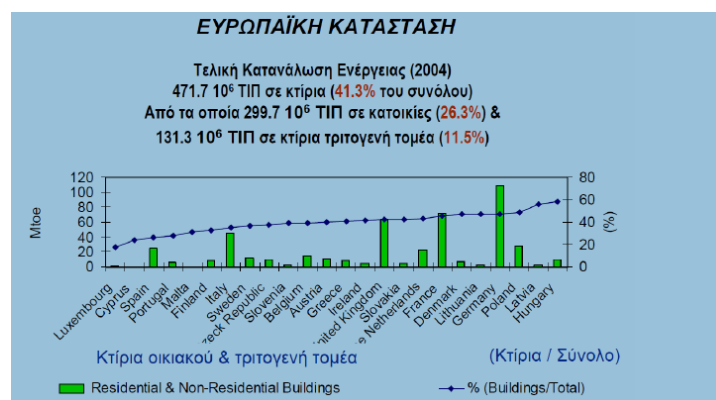
περισσότερων ανέσεων και στην δημιουργία μεγαλύτερων κατοικιών που οδηγούν σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση. Αντίστοιχα, στις αναπτυσσόμενες χώρες, η οικονομική ανάπτυξη κατευθύνει τους κατοίκους στα μεγάλα αστικά κέντρα πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση ενέργειας σε αυτές.

Οι ενεργειακές πηγές που είναι διαθέσιμες σε μια περιοχή επηρεάζουν και αυτές την τελική κατανάλωση ενέργειας, καθώς υποδεικνύουν τόσο την ποσότητα της ενέργειας που διατίθεται προς κατανάλωση αλλά και την πηγή από την οποία αυτή θα προέλθει.

Επίσης, πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η τεχνολογία, καθώς μπορεί να υλοποιήσει τρόπους για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων παρά τις αυξανόμενες ανάγκες για ενέργεια. Αυτό συμβαίνει με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την δημιουργία αποδοτικότερου κτιριακού κελύφους και εξοπλισμού που παρέχει καλύτερη μόνωση στο κτήριο και κατά συνέπεια οδηγεί στην μείωση της ενεργειακής του κατανάλωσης. Τέλος, η ενεργειακή ζήτηση των κτηρίων, στα πλαίσια μιας ευρύτερης κλίμακας, εξαρτάται από τον προσανατολισμό, τον τύπο του κτηρίου και τα υλικά κατασκευής του, την γεωγραφική του θέση, την αρχιτεκτονική του καθώς επίσης σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η παλαιότητα που συνδέεται άμεσα με την ποιότητα του κτιριακού κελύφους.

#### 4.2 Κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια στην Ευρώπη και την Ελλάδα

Ο κτιριακός τομέας, κτήρια κατοικιών και τριτογενή τομέα, παρουσιάζουν την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη. Πιο συγκεκριμένα, είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ το 28 % αναλογεί στη βιομηχανία και το 32 % στις μεταφορές. Ακόμη, η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια παρουσιάζει αυξητική τάση με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια και η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) κρίνονται απαραίτητα για την άμβλυση του φαινομένου του Θερμοκηπίου.

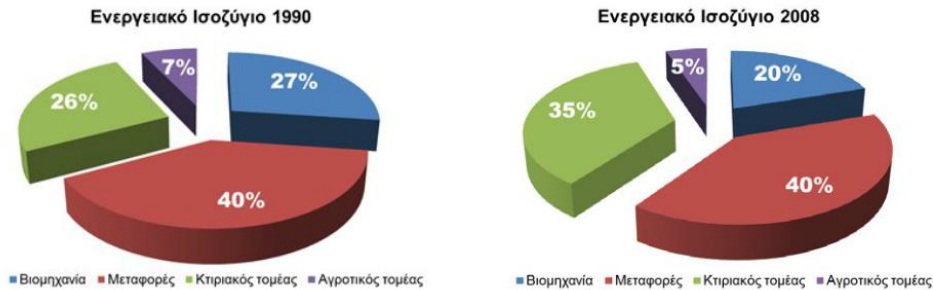


Εικόνα 4.1 : Τελική Κατανάλωση Ενέργειας στα Κτήρια της Ευρώπης

Πηγή : ΚΕΤΕΑΘ (Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας)

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και τα πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία για το έτος 2008, τα κτήρια καταναλώνουν σε ενέργεια το 34 %

του πετρελαίου και το 72 % της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ συμβάλλουν κατά περίπου το 45 % στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

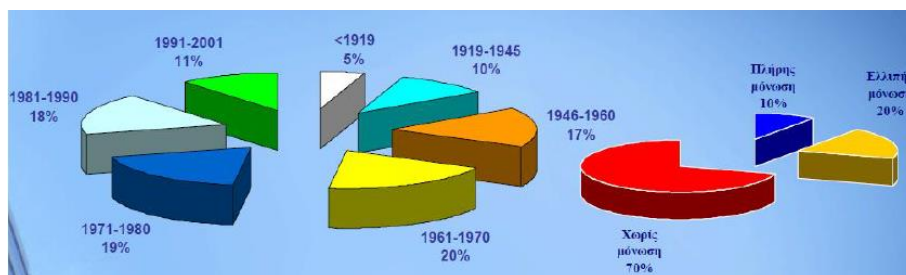


Εικόνα 4.2 : Κατανομή της Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας στην Ελλάδα  
 Πηγή : Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπίου Αθηνών στην ετήσια έκθεση 2007 για την πρόβλεψη των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου, ο κτηριακός τομέας ευθύνεται σε μεγαλύτερο βαθμό για την κατανομή των ρύπων. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια αντιπροσωπεύει περίπου το 1/3 της παραγόμενης ενέργειας και το 45 % των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμη, η θέρμανση και ο κλιματισμός των κτηρίων είναι οι ανάγκες που καταναλώνουν τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας στα κτήρια.

Γενικά, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης κατανάλωσης ενέργειας κατά την χρονική περίοδο 1980-2003 ήταν 2,8%, ενώ για τον κτηριακό τομέα ήταν περισσότερο από 7 %. Την δεκαετία του 1980, το 35 % της ενέργειας καταναλωνόταν από την βιομηχανία, το 35% από τις μεταφορές, το 20 % από τον κτηριακό τομέα και μικρότερα ποσοστά καταναλισκόμενης ενέργειας αφορούσαν τον αγροτικό τομέα και τις λοιπές χρήσεις. Παρόλα αυτά, το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας διαφοροποιήθηκε αρκετά το 2005, με το 34% της ενέργειας να αποσπάται από τα κτήρια και το 38% από τις μεταφορές, γεγονός που υποδηλώνει την ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτήρια στο πέρασμα μιας εικοσαετίας.

Όσον αφορά, την παλαιότητα του κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα παρατηρείται συνεχή κατασκευή κτηρίων από το 1946 μέχρι και το 2001, με το μεγαλύτερο ποσοστό κατασκευής κτηρίων την χρονική περίοδο 1961-1970. Επίσης, όσον αφορά την μόνωση των κτηρίων το 70 % αυτών είναι χωρίς μόνωση, το 20% διαθέτουν ελλιπή μόνωση ενώ μόλις το 10% των κτηρίων διαθέτουν πλήρη μόνωση. Τα παραπάνω στατιστικά παρουσιάζονται στο γράφημα.



Εικόνα 4.3 : Αριστερά παλαιότητα και δεξιά μόνωση Ελληνικού κτιριακού αποθέματος Πηγή : Μπαλάρας,Κ, Ιούλιος 2009

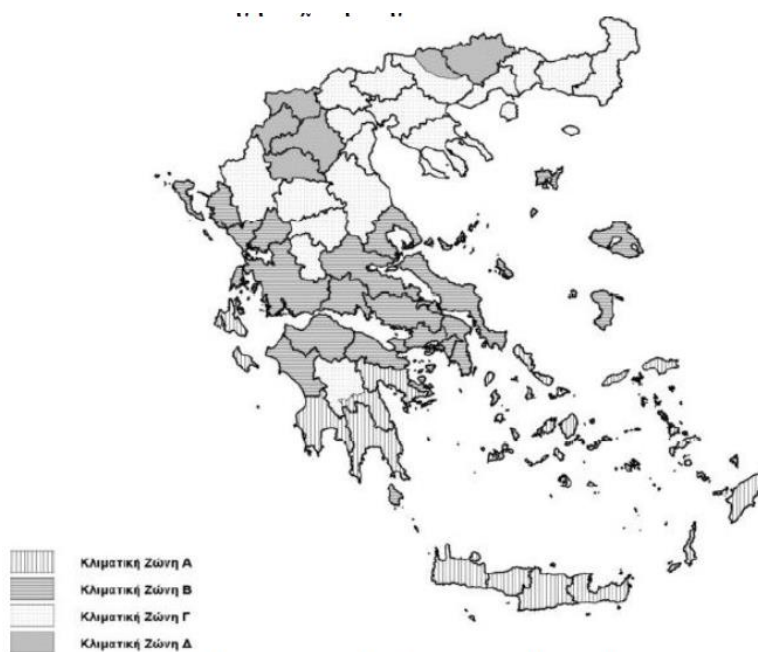
Ως προς τη χρήση του ελληνικού κτηριακού αποθέματος, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), το 76,96% των κτηρίων αποτελούν κτήρια κατοικίας, το 17,92% αυτών έχουν άλλες χρήσεις ενώ μικρότερα ποσοστά κτηρίων έχουν χρήσεις όπως γραφεία, ξενοδοχεία, σχολεία, κλπ.

Με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης, η Ελληνική Επικράτεια διαιρείται σε 4 κλιματικές ζώνες, έτσι όπως απεικονίζεται στην συνέχεια στον πίνακα και στον χάρτη που ακολουθούν. Το 2001 καταγράφηκαν περίπου 4 εκ. κτήρια μεταξύ των οποίων το 19% βρίσκεται στην Ζώνη Α, το 45% στην Ζώνη Β, το 32% στην Ζώνη Γ και το 4% στην Ζώνη Δ.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
<b>ΖΩΝΗ Α</b>	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
<b>ΖΩΝΗ Β</b>	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Απωλοσακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
<b>ΖΩΝΗ Γ</b>	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
<b>ΖΩΝΗ Δ</b>	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Πίνακας 4.1: Κατανομή των Νομών της Ελλάδας σε Κλιματικές Ζώνες

Πηγή : TOTEE 20701-3/2010



Εικόνα 4.4 : Χάρτης Απεικόνισης Κλιματικών Ζωνών στην Ελλάδα

Πηγή : TOTEE 20701-3/2010



Ακόμη, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες των κτηρίων και οι επι μέρους κατηγορίες-χρήσεις τους έτσι όπως καθορίζονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) για την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικοτροφείο και κοιτώνας.
Συνάθροισης κοινού	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Εκπαίδευσης	Νηπιαγωγείο, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας, φροντιστήριο.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.

Πίνακας 4.2: Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με την χρήση τους

Πηγή : TOTEE 20701-3/2010

### 4.3 Νομοθέσια περί Ενέργειας

Όπως ανέφερθηκε και παραπάνω τα κτήρια καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλο μερίδιο ευθύνης για την εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Η υποτροπίαση των παραπάνω φαινομένων οδήγησε τις κυβερνήσεις να λάβουν μέτρα για τον περιορισμό τους και την προστασία του περιβάλλοντος τόσο συνολικά όσο και ατομικά. Δρώντας ως σύνολα οι κυβερνήσεις των χωρών πραγματοποιούν συγκεντρώσεις, τις λεγόμενες διασκέψεις, όπου συζητούν και παίρνουν αποφάσεις για την καταπολέμηση των φαινομένων που απειλούν το περιβάλλον. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι σημαντικότερες διασκέψεις και τα μέτρα που θεσπίστηκαν σε αυτές για την μείωση των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου σε παγκόσμια κλίμακα. Επίσης, δίνονται οι σημαντικότεροι νόμοι για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια που θεσπίστηκαν από το Ευρωπαϊκό και Ελληνικό Κοινοβούλιο.

#### 4.3.1 Διεθνής Πολιτική

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ολοένα και πιο έντονα το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, λόγω της αυξανόμενης συγκέντρωσης αερίων στην ατμόσφαιρα που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, τα αέρια αυτά παράγονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και ονομάζονται ως αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν την θερμότητα στα επίπεδα της ατμόσφαιρας προκαλώντας την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί



την εκδήλωση ακραίων καιρικών συνθηκών οι οποίες ευθύνονται για μια σειρά σοβαρών επιπτώσεων στους φυσικούς πόρους, την υγεία, την προσφορά τροφής, την βιομηχανία, τις μεταφορές και γενικότερα στο περιβάλλον και στην λειτουργία του οικοσυστήματος. Κατά αυτόν τον τρόπο, οι κυβερνήσεις και οργανώσεις σε μια προσπάθεια μετριασμού των φαινομένων, αποφάσισαν να δράσουν από κοινού πραγματοποιώντας διασκέψεις για την κλιματική αλλαγή.

Η αρχή έγινε το 1992 στο Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, όπου διαπραγματεύτηκε το πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών, που στην ουσία αποτελεί μια περιβαλλοντική συνθήκη και έχει ως στόχο την σταθεροποίηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου σε ένα επίπεδο που δεν θα επηρεάζει το κλίμα. Η συνθήκη αυτή τέθηκε σε ισχύ τον Μάρτιο του 1994 και υποχρεώνει τα συμβαλλόμενα μέλη να θεσπίσουν εθνικά προγράμματα για τον περιορισμό της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Η διάσκεψη αυτή έμενε γνωστή ως «η Σύνοδος Κορυφής για την Γη» και σε αυτή πραγματοποιείται για πρώτη φορά η σύνδεση του περιβάλλοντος με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη.

Τέτοιου είδους διασκέψεις διοργανώνονται κάθε χρόνο τουλάχιστον μια φορά από την γραμματεία UNFCCC σε διαφορετικές πόλεις του κόσμου και έχουν ως στόχο την λήψη μέτρων, η υλοποίηση των οποίων από τα κράτη, θα οδηγήσει σε περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και κατά συνέπεια σε ένα βιώσιμο σημερινό και μελλοντικό περιβάλλον (στα πλαίσια της αειφορίας). Βέβαια, στις περισσότερες των περιπτώσεων οι συζητήσεις μεταξύ των κρατών στις διασκέψεις, δεν καταλήγουν σε συμφωνία για την υιοθέτηση μιας κοινής πολιτικής με στόχο τον περιορισμό των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής, λόγω των αντικρουόμενων οικονομικών, πολιτικών, γεωπολιτικών συμφερόντων. Κατά αυτόν τον τρόπο, λίγες διασκέψεις είναι νομικά δεσμευτικές, δηλαδή στο πλαίσιο αυτών έχουν συμφωνηθεί από ένα ικανοποιητικό αριθμό χωρών συγκεκριμένα μέτρα για την μείωση των επιπτώσεων στο κλιματικό σύστημα. Οι χώρες που συμφωνούν υποχρεούνται της τηρήσης των μέτρων, διαφορετικά υπόκεινται σε κυρώσεις.

Η σημαντικότερη διάσκεψη είναι η τρίτη κατά σειρά διάσκεψη που έλαβε χώρα το 1997 στο Κυότο της Ιαπωνίας και η οποία έχει και νομική ισχύ καθώς διατυπώθηκε και υπογράφηκε από τα συμβαλλόμενα μέλη το Πρωτόκολλο του Κυότο. Πιο συγκεκριμένα, το Πρωτόκολλο αυτό ορίζει ότι :

*«οι ανεπτυγμένες χώρες θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές των έξι βασικότερων αερίων που εντείνουν το φαινόμενο κατά τουλάχιστον 5% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.»*

Επομένως, με βάση αυτό προβλέπεται αρχικά μείωση της παραγωγής των έξι αερίων που θεωρείται πως εντείνουν το φαινόμενο του Θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>, μεθάνιο CH<sub>4</sub>, οξείδιο του αζώτου N<sub>2</sub>O, υδροφθοράνθρακες PFCS, περφοθράνθρακες HfCS, εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub>) κατά 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, μέχρι το 2012 και παρέχει ένα διεθνές πλαίσιο για την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών που έχουν προκληθεί από τον άνθρωπο, ορίζοντας στόχους μείωσης των επικίνδυνων εκπομπών για τις ανεπτυγμένες χώρες.

Η ισχύ του θα ξεκινούσε με την επικύρωση του από τουλάχιστον 55 χώρες, που αντιπροσώπευαν το 55% των εκπομπών επικίνδυνων αερίων του Θερμοκηπίου των ανεπτυγμένων χωρών όπως υπολογίστηκε το 1990. Έτσι, μόλις το 2005 κατάφερε

και συμπληρώθηκε ο αριθμός των χωρών που επικύρωσαν το Πρωτόκολλο και τέθηκε σε ισχύ.

Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου αυτού, στοχεύει στην μείωση της εκπομπής βλαβερών αερίων με τη χρήση τριών ευέλικτων μηχανισμών που είναι συνδεδεμένοι με τον τρόπο λειτουργίας της οικονομίας και είναι οι εξής :

- 1) εμπορία των εκπομπών (*emissions trade system*)
- 2) μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης (*development mechanism*) και
- 3) την από κοινού υλοποίηση (*joint implementation*)

Μια ακόμη διάσκεψη που αξίζει να αναφερθεί, είναι αυτή που πραγματοποιήθηκε στο Ντέρμπαν της Νότιας Αφρικής το 2011. Είναι δέκατη- έβδομη κατά σειρά διάσκεψη και συμμετείχαν αντιπρόσωποι από 194 χώρες και διεθνείς οργανισμούς.

Μετά από σκληρές διαπραγματεύσεις τα κράτη κατάφεραν να συμφωνήσουν στην παράταση για μια ακόμη πενταετία της ισχύος του Πρωτοκόλλου του Κυότο και την δημιουργία μιας νέας συνθήκης με νομικά δεσμευτική ισχύ για τον καθορισμό της μείωσης των εκπομπών μέχρι το 2015 με προοπτική την εφαρμογή της από το 2020. Επίσης, η διάσκεψη κατέληξε σε συμφωνία σχετικά με ένα πλαίσιο για ένα μελλοντικό *Πράσινο Ταμείο για το Κλίμα*, το οποίο θα διαθέτει US \$100 δις ετησίως για να βοηθήσει τις φτωχές χώρες να προσαρμοστούν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

#### 4.3.2 Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εφαρμόζει εδώ και πολλά χρόνια, και στον τομέα της ενέργειας κοινή πολιτική, έχοντας αναγνωρίσει την ανάγκη για ενιαία, ολοκληρωμένη κλιματική και ενεργειακή πολιτική για τα κράτη-μέλη της. Η πολιτική αυτή μπορεί να διασφαλίσει την ανταγωνιστικότητα, την ασφάλεια και την βιωσιμότητα του ενεργειακού εφοδιασμού, διασφαλίζοντας συγχρόνως καλές περιβαλλοντικές πρακτικές ώστε να συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των λοιπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου που είναι υπεύθυνα για την κλιματική αλλαγή.

Η ΕΕ διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην διεθνή κλιματική αλλαγή, προσχωρώντας στο Πρωτόκολλο με το νόμο 2002/35 δίνοντας δέσμευση για μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου κατά 8% ως προς τα επίπεδα εκπομπών του 1990 έως τα τέλη της πρώτης δεσμευτικής περιόδου του Πρωτοκόλλου μεταξύ 2008-2012 και υιοθετώντας τον μηχανισμό της «Από κοινού Ανταπόκρισης στις Υποχρεώσεις». Σύμφωνα με αυτόν, η ΕΕ μπορεί να κατανέμει τα βάρη των δεσμεύσεων για την μείωση των εκπομπών, μεταξύ των κρατών-μελών της, μέσω μιας διαδικασίας που δεν εμπίπτει στον έλεγχο των υπόλοιπων συμβαλλόμενων μελών.

Ακόμη, η ΕΕ στα πλαίσια των συμβουλίων της κοινότητας περί κλιματικής αλλαγής πρότεινε τον Ιανουάριο του 2008 μια δεσμευτική νομοθεσία, την γνωστή ως «σχέδιο 20-20-20». Το «σχέδιο 20-20-20» θέτει τους παρακάτω στόχους για την ενέργεια και το κλίμα της ΕΕ για το έτος 2020 :

- τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990
- το 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές

- τη μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης

Ακόμη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενίσχυσε τη νομοθεσία ενεργειακής απόδοσης για τα κτήρια και τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια, ώστε οι ενεργειακές επιδόσεις των κτηρίων να εφαρμόζονται σε περισσότερα κτήρια και να ενδυναμωθεί ο ρόλος των πιστοποιητικών ενεργειακών επιδόσεων με την Ευρωπαϊκή Οδηγία (ΕΟ) για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων (EPBD 91/2002). Με βάση αυτή την οδηγία όλα τα κράτη μέλη έπρεπε να θεσπίσουν κανονισμούς και οδηγίες για την εφαρμογή της έως τις 4/1/2006, ενώ το πεδίο εφαρμογής της καλύπτει κτήρια κατοικίας και κτήρια του τριτογενή τομέα και προβλέπει τα παρακάτω :

- θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000m<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικά και υποχρέωση εκπόνησης μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
- Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) κτηρίου για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια σε περίπτωση αγοραπωλησίας, μίσθωσης ή μεταβίβασης υφισταμένων
- Τακτική επιθεώρηση λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Ταυτόχρονα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανάθεσε στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τυποποίησης (CEN) την σύνταξη Ευρωπαϊκών Κανονισμών περί υπολογισμών φορτίου κλιματισμού, ενεργειακών καταναλώσεων, διαδικασιών των ενεργειακών επιθεωρήσεων, κτλ που θα καλύπτουν την εφαρμογή της οδηγίας.

Το 2010 η παραπάνω οδηγία επαναδιατυπώθηκε ώστε να αποσαφινιστούν αλλά και να διαφοροποιηθούν κάποια στοιχεία της. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα εξής :

- Κατάργηση των ορίων επιφάνειας (1000m<sup>2</sup>) για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια που υποχρεούνται την εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
- Περιορισμός του ορίου επιφάνειας (1000m<sup>2</sup>) για τα δημόσια κτήρια που έχουν υποχρέωση έκδοσης ΠΕΑ σε 500m<sup>2</sup> από 9/1/2013 σε 250m<sup>2</sup> από 9/7/2015
- Νέα κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από 31/12/2018 για τα νέα δημόσια κτήρια και από τις 31/12/2020 για όλα τα νέα κτήρια
- Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης από πλευράς κόστους / οφέλους στον κύκλο ζωής του κτηρίου (από 9/1/2013 για δημόσια κτήρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτήρια)
- Καθορισμός ελάχιστων απαιτήσεων της συνολικής ενεργειακής απόδοσης για την εγκατάσταση, διαστασιολόγηση, και έλεγχο των Η/Μ εγκαταστάσεων σε υφιστάμενα και ίσως νέα κτήρια(από 9/1/2013 για τα δημόσια κτήρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτήρια)
- Εναρμόνιση των μεθοδολογιών υπολογισμού σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα
- Τα ΠΕΑ εκδίδονται για κτήρια ή κτηριακές μονάδες που κατασκευάζονται, πωλούνται ή εκμισθώνονται σε νέο ενοικιαστή, και για κτήρια με συνολική επιφάνεια >500m<sup>2</sup> που χρησιμοποιούνται από δημόσια αρχή και τα οποία επισκέπτεται συχνά το κοινό
- Επιθεώρηση λεβήτων / εγκαταστάσεων θέρμανσης (>20Kw) και συστημάτων ελέγχου και κυκλοφορητές/αντλίες. Έλεγχος αποδόσης και

- διαστασιολόγησης. Για >100Kw κάθε 2 χρόνια (από 9/1/2013 για τα δημόσια κτήρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτήρια)
- Επιθεώρηση εγκαταστάσεων κλιματισμού (12Kw). Έλεγχος απόδοσης και διαστασιολόγησης. Για >100Kw κάθε 2 χρόνια (από 9/1/2013 για τα δημόσια κτήρια και 9/7/2013 για όλα τα άλλα κτήρια)
  - Λήψη μέτρων από το 2008 με στόχο τη μείωση της τελικής χρήσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο κατά 9% μέχρι τα 2009.

Τέλος, το 2009 έγινε μια ακόμη επαναδιατύπωση της οδηγίας με στόχο την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), επιβάλλοντας την συμμετοχή της στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% μέχρι το 2020. Το ποσοστό αύξησης σε κάθε χώρα μέλος της ΕΕ καθορίζεται στο 5,5 % από τα επίπεδα του 2005, ενώ η υπολειπόμενη αύξηση υπολογίζεται σύμφωνα με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) ανά κάτοικο.

### 4.3.3 Ελληνική ενεργειακή πολιτική

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) η ενεργειακή πολιτική έχει δομηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθούν οι τρεις παρακάτω στόχοι :

- Πρωταρχικός στόχος είναι η εξεύρεση, η εξασφάλιση και η διαχείριση ενεργειακών πόρων, διασφαλίζοντας την ασφαλή, ομαλή, αδιάλειπτη και αξιόπιστη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, σε όλη την επικράτεια, και με τους καλύτερους δυνατούς όρους για τους πολίτες
- Δεύτερος στόχος είναι η δημιουργία ενεργειακών αποθεμάτων, συμμαχιών και εναλλακτικών οδών για την κάλυψη των αναγκών της εγχώριας ενεργειακής αγοράς σε περιόδους ενεργειακών κρίσεων και η προστασία των καταναλωτών μέσω εφαρμογής μηχανισμών εξομάλυνσης εξωγενών, έκτακτων αποσταθεροποιητικών φαινομένων και τάσεων.
- Τρίτος στόχος είναι η βιώσιμη και αειφόρος ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα, σε όλες του τις μορφές, από την παραγωγή μέχρι την τελική χρήση, έχοντας εξασφαλίσει την προστασία της φύσης και τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια, ο πρώτος νόμος που θεσπίστηκε στην Ελλάδα είναι ο Κανονισμός Θερμομόνωσης των Κτηρίων το 1979, με το Π.Δ 4/7/1979 (ΦΕΚ 362Δ/1979) και εφαρμόζεται υποχρεωτικά χωρίς καμία τροποποίηση μέχρι και σήμερα. Στόχος του κανονισμού αυτού είναι να εξασφαλίσει την υγιεινή και ευχάριστη διαμονή των κατοίκων, την ορθολογική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των χώρων, την οικονομία στις δαπάνες κατασκευής της εγκατάστασης θέρμανσης και τη μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος από τα καυσαέρια. Σύμφωνα με τον κανονισμό αυτό, όλη χώρα βάσει των θερμομονωτικών απαιτήσεων χωρίζεται σε τρεις ζώνες Α, Β, Γ, με δυσμενέστερη από άποψη θερμομονωτικών απαιτήσεων την τελευταία, και χωρίς να γίνεται διάκριση στη χρήση του κτηρίου επιβάλλονται όρια στους συντελεστές θερμοπερατότητας ανάλογα την ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτήριο.

Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο του Κυότο τον Απρίλιο του 1998 και το κύρωσε με τον Νόμο 3017/2002(ΦΕΚ Α'117). Η Ελλάδα βάσει του Πρωτοκόλλου δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% για το διάστημα 2008-2012,

προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της ΕΕ για 8% μείωση των εκπομπών της στο χρονικό αυτό διάστημα. Για να ανταποκριθεί στη δέσμευσή της αυτή, εκπόνησε το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010, το οποίο συντονίζει τις δραστηριότητες του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα και περιλαμβάνει δυνατές παρεμβάσεις μείωσης εκπομπών, με μετριάσμο στους εξής τομείς : οικιακό και τριτογενή τομέα, μεταφορές, βιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή, διαχείριση απορριμμάτων, γεωργία, βιομηχανικές διεργασίες.

Ακόμη, η χώρα ως κράτος μέλος της ΕΕ έχει εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων και τις αναδιατυπώσεις της, έχοντας θεσπίσει νομοθετικές διατάξεις σε εθνικό επίπεδο, οι σημαντικότερες των οποίων φαίνονται παρακάτω :

- Νόμος 3661/2008 (ΦΕΚ 89/Α/19.05.2008) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις». Οι βασικότερες ρυθμίσεις είναι :
  1. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικά και υποχρέωση εκπόνησης μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
  2. Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) κτηρίου για όλα τα νέα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα καθώς και σε περίπτωση αγοραπωλησίας, μίσθωσης ή μεταβίβασης υφισταμένων.
  3. Τακτική επιθεώρηση Λεβήτων, Εγκαταστάσεων Θέρμανση, Ψύξης και Κλιματισμού.
- Νόμος 3851/2010 (ΦΕΚ 85/Α/04.06.2010) «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».
 

Με το άρθρο 10 τροποποιούνται ρυθμίσεις του Ν 3661/2008. Βασικότερη τροποποίηση αποτελεί η κατάργηση του ορίου των 1000 m<sup>2</sup> για την τήρηση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με την αναδιατύπωση της ΕΟ EPBD recast 31/2010 για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια που υποχρεούνται την σύνταξη μελέτης ενεργειακής απόδοσης. Ακόμη, είναι υποχρεωτική για τα νέα κτήρια η κάλυψη τουλάχιστον 60% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα, ΑΠΕ ή υψηλών αποδόσεων αντλιών θερμότητας (Α.Θ). Επίσης, υποχρεώνει τα νέα κτήρια να είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από το 2020 και τα δημόσια κτήρια από το 2015 καλύπτοντας το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους από ΑΠΕ, συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση, υψηλής απόδοσης Α.Θ. Τέλος, ο εθνικός στόχος για τις ΑΠΕ προσδιορίζεται μέχρι το 2020 στο 20% για τη συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, στο 40% για τη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και στο 20% για τη συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη.
- Νόμος 3889/2010 (ΦΕΚ/Α/14.10.2010) «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες

διατάξεις». Με το άρθρο 28 του νόμου αυτού τροποποιήθηκαν οι εξαιρέσεις του άρθρου 11 του Ν.3661, εντάσσοντας στο πεδίο εφαρμογής τα κτήρια που προορίζονται για χρήση που δεν υπερβαίνει τους τέσσερις μήνες κάθε έτος (παραθεριστικές κατοικίες).

- Προεδρικό Διάταγμα 100/2010 «Ενεργειακοί Επιθεωρητές Κτηρίων, Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού» (ΦΕΚ 177/Α/6.10.2010), όπου προβλέπονται θέματα που σχετίζονται με τα απαιτούμενα προσόντα των Ενεργειακών Επιθεωρητών, τη διαδικασία εγγραφής στα σχετικά μητρώα, τις αμοιβές τους και τις κυρώσεις σε περίπτωση παραβάσεων.
- Προεδρικό Διάταγμα 72/2010 (ΦΕΚ 132/Α/2010) «Συγκρότηση, διοικητική-οργανωτική δομή και στελέχωση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας». Συγκροτείται η δημόσια υπηρεσία ελέγχου του έργου των Ενεργειακών Επιθεωρητών.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση Αριθμ. Δ6/Β/οικ.5825/2010 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.)»(ΦΕΚ Β' 407).

Οι βασικότερες ρυθμίσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
2. Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων.
3. Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων των υπό μελέτη νέων κτηρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων.
4. Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
5. Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
6. Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτηρίων, καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Κατ'έξουσιοδότηση του βασικού Νόμου 3661/2008 εκδόθηκαν οι παρακάτω κανονιστικές ρυθμίσεις και εγκύκλιοι :

- Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ) μετά από έγκριση με την Δ6/Β/οικ.5825/30.03.2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β' 407)
- Εγκύκλιος «Εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)» (οικ.1603/4.10.2010)
- Εγκύκλιος «Διευκρινίσεις για την ορθή εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)» (οικ.2279/22.12.2010)
- Εγκύκλιος 2366/05.01.2011 με επιπλέον διευκρινήσεις
- Εγκύκλιος 22/26.01.2011 της Συντονιστικής Επιτροπής Συμβολαιογραφικών Συλλόγων Ελλάδος
- Εγκύκλιος «Διευκρινήσεις για την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ» (οικ.2021/14.06.2012)

[Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (<http://www.ypeka.gr/>)]

#### 4.4 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ)

Με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου (Κ.Εν.Α.Κ) ενσωματώνεται πλέον η έννοια του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στη μελέτη των κτηρίων, που θα συμβάλλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα.

Με τη θέσπιση του Κ.Εν.Α.Κ τίθενται δύο βασικές υποχρεώσεις:

- A) Η υποχρέωση υποβολής Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων για έκδοση οικοδομικής άδειας,
- B) Η υποχρέωση διενέργειας Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτηρίων, Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού.

Για την υποστήριξη της εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ εγκρίθηκαν ως υποχρεωτικές, με την Υπουργική Απόφαση ΠΕΚΑ Αριθ.οικ.17178/2010 (ΦΕΚ Β' 1387), οι παρακάτω τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ):

α) ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης». Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων και δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

β) ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 «Θερμοφυσικές Ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων». Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για τον υπολογισμό των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών και στοιχείων του εξωτερικού κτιριακού κελύφους (τοίχοι, οροφές, κουφώματα, κ.τ.λ.)

γ) ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 « Κλιματικά Δεδομένα ελληνικών περιοχών». Η οδηγία αυτή περιλαμβάνει τα κλιματικά δεδομένα (συνθήκες σχεδιασμού) για την διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ενός κτηρίου, καθώς και τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.τ.λ.) για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

δ) ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 « Οδηγίες Και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, Λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού». Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και παραμέτρων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτηρίου καθώς και των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού. Δίνονται αναλυτικά τα έντυπα επιθεωρήσεων και επεξηγήσεις για την συμπλήρωσή τους.

Επιπλέον, το ΤΕΕ ανέπτυξε ειδικό λογισμικό καταχώρησης των απαραίτητων στοιχείων για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και την εκτίμηση της ενεργειακής κατάστασης των κτηρίων. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ και αναπτύχθηκε από την ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στα πλαίσια συνεργασίας με το ΤΕΕ.

Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις των κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού πραγματοποιούνται από διαπιστευμένους ενεργειακούς επιθεωρητές όπως ορίζεται από το Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ 100/2010 (ΦΕΚ 177/Α/6.10.2010). Επίσης η Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΕΓΕΠΕ) του ΥΠΕΚΑ διαθέτει την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ), η οποία ελέγχει και παρακολουθεί την επίτευξη των εθνικών στόχων εξοικονόμησης

ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και την εφαρμογή των μέτρων για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων. Η σύσταση της ΕΥΕΠΕΝ πραγματοποιήθηκε με το άρθρο 6 του Ν.3818/2010 (ΦΕΚ/17/Α/2010) και η συγκρότηση, διοικητική-οργανωτική δομή και στελέχωση με βάση το Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ 72/2010 (ΦΕΚ 132/Α/2010), όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Σύμφωνα με τον κανονισμό, από τις 9 Ιανουαρίου του 2011 καθιερώνεται η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) σε όλα τα κτήρια συνολικής επιφάνειας άνω των 50m<sup>2</sup>, βασικών χρήσεων (κατοικία, μόνιμη και παραθεριστική, γραφεία, εμπορικές χρήσεις, εκπαίδευση, συνάθροιση κοινού, υγεία και κοινωνική πρόνοια) μετά το τέλος των εργασιών κατασκευής των νέων ή ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων, όταν αυτά προορίζονται προς πώληση ή ενοικίαση είτε στο σύνολό τους είτε τμήματα αυτών (π.χ διαμέρισμα). Η ισχύς του ΠΕΑ είναι δέκα χρόνια, εκτός από την περίπτωση ριζικής ανακαίνισης του κτηρίου πριν παρέλθει η δεκαετία, οπότε η ισχύς του λήγει με το πέρας των εργασιών ανακαίνισης και πρέπει να εκδοθεί νέο.

Η ενεργειακή επιθεώρηση έχει ως στόχο τον υπολογισμό της κατανάλωσης της πρωτεγενούς ενέργειας του κτηρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)), την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου, την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης και την σύνταξη προτάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ενώ η μεθοδολογία υπολογισμού θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία:

- Τη χρήση του κτηρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, αερισμό), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτηρίου, διαφανείς και μη διαφανείς επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.) σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.ά.).
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και υλικών του κτηριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας κ.ά.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης / κλιματισμού χώρων (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (τύπο συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτήρια του τριτογενούς τομέα.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, εάν υπάρχουν στο κτήριο



Επίσης στη μεθοδολογία υπολογισμού συνεκτιμάται κατά περίπτωση η θετική επίδραση των ακόλουθων συστημάτων:

- Ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.).
- Ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης (Σ.Η.Θ.).
- Κεντρικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση).
- Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού

Η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου καθορίζεται από την τελική ανηγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωση του κτηρίου που υπολογίζεται από το λογισμικό σε kWh/m<sup>2</sup>, συγκρινόμενη με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς. Οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων είναι επτά (A+, A, B+, B, Γ, Δ, E, Z, H) και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Πίνακας 4.3 : κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

Πηγή : T.O.T.E.E. 20701-1/2010

Ο λόγος T αποτελεί το κριτήριο για την κατάταξη του κτηρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης, ενώ είναι ίσος με το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (RR).

Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτήρια με υψηλότερη ή χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση κατατάσσονται στην αντίστοιχη κατηγορία.

Ως κτήριο αναφοράς θεωρείται ένα κτήριο πανομοιότυπο με το εξεταζόμενο. Πιο συγκεκριμένα, το κτήριο αναφοράς θεωρείται πως έχει ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπό εξέταση, ενώ πληρεί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές (H/M) εγκαταστάσεις που είναι υπεύθυνες για την θέρμανση, ψύξη και κλιματισμό(Θ.Ψ.Κ) των εσωτερικών χώρων και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX).

Στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) αναγράφεται η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου όπως επίσης, σε αυτό περιλαμβάνεται η αντίστοιχη ετήσια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα σε  $\text{kg}/\text{m}^2$ , η ετήσια συνολική ενεργειακή απαίτηση σε  $\text{kWh}/\text{m}^2$ , η πραγματική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας του κτηρίου και η αντίστοιχη συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτεγενούς ενέργειας σε  $\text{kWh}/\text{m}^2$  με τις ανάλογες αντίστοιχες ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και τέλος την εκτίμηση του ενεργειακού επιθεωρητή σχετικά με την αξιολόγηση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, προσδιορίζεται το είδος καυσίμου/ενέργειας (ορυκτά καύσιμα, ηλεκτρική ενέργεια, ΑΠΕ) για συγκεκριμένες τελικές χρήσεις (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ζεστό νερό χρήσης, φωτισμός, συσκευές) και η συνεισφορά τους στο τελικό ενεργειακό ισοζύγιο του κτηρίου. Τέλος, στο ΠΕΑ περιλαμβάνονται συστάσεις του ενεργειακού επιθεωρητή για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, οι οποίες είναι ιεραρχημένες και περιλαμβάνουν μια σύντομη περιγραφή, προσδιορίζοντας το αρχικό κόστος επένδυσης (€), την εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση πρωτεγενούς ενέργειας σε  $\text{kWh}/\text{m}^2$  σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών και ποσοστό επί της αρχικής υπολογιζόμενης πρωτεγενούς ενέργειας, την εκτιμώμενη τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας σε €/kWh, την εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής κάθε πρότασης.

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά τα βήματα και οι παράμετροι που εξετάζονται για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου μέσω του λογισμικού TEE K.Εν.Α.Κ σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του TEE.

#### 4.4.1 Διαχωρισμός κτηρίου σε θερμικές ζώνες

Ο επιθεωρητής θα πρέπει αρχικά να χωρίσει το κτήριο σε θερμικές ζώνες, έτσι ώστε να συλλεχθούν όλα τα δεδομένα ανά θερμική ζώνη, με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμών για τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης. Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση και ίδιες συνθήκες λειτουργίας. Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών, σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 2.2), εφαρμόζεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4°C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση και συνθήκες λειτουργίας, καθώς χώροι διαφορετικών χρήσεων συνήθως έχουν διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού.
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες, σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο ανταλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες). Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτήριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.

- Υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από ενιαίο σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού), των οποίων η επιφάνεια είναι μικρότερη από το 80% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου.

Χώροι που καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο του 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την συνολική κατανάλωση του κτηρίου δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες και συνίσταται να κατανέμονται σε θερμικές ζώνες με παρόμοιες συνθήκες.

#### 4.4.2 Συνθήκες Λειτουργίας Κτηρίου

Οι συνθήκες λειτουργίας του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου και επομένως πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι οι εξής : η χρονική περίοδος και το ωράριο λειτουργίας κτηρίου, η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου για την θερινή και χειμερινή περίοδο, η επιθυμητή υγρασία του χώρου για την θερινή και χειμερινή περίοδο, ο απαιτούμενος νωπός αέρας του χώρου, η στάθμη γενικού φωτισμού του χώρου, η τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά τύπο κτηρίου.

Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός κτηρίου μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, ανάλογα με τη χρήση αλλά και τους χρήστες του κτηρίου. Κατά αυτό τον τρόπο, η οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 στις παραγράφους 2.3 και 2.4, καθορίζει σε εθνικό επίπεδο συγκεκριμένες τιμές για τις συνθήκες λειτουργίας ανά χρήση κτηρίου ή θερμικής ζώνης σύμφωνα πάντα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και τον χαρακτηρισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου .

Η εισαγωγή των συνθηκών λειτουργίας στο λογισμικό για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου γίνεται αυτόματα, με την επιλογή της χρήσης του κτηρίου. Επομένως, ο επιθεωρητής δεν υποχρεούται να συμπληρώσει τα δεδομένα για τις εσωτερικές συνθήκες του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης στο έντυπο επιθεώρησης, παρά μόνο τη χρήση. Παρόλα αυτά όμως, θα πρέπει ο επιθεωρητής να εισάγει στο λογισμικό, το εάν πληρούνται οι συνθήκες άνεσης (θερμική, οπτική και ακουστική) στους χώρους του εξεταζόμενου κτηρίου.

#### 4.4.3 Εσωτερικά Θερμικά Κέρδη

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, λαμβάνονται υπόψη και τα εσωτερικά κέρδη που συνεισφέρουν στα θερμικά φορτία και επιβαρύνουν τα ψυκτικά φορτία.

Ως εσωτερικά κέρδη ενός κτηρίου ή μιας θερμικής ζώνης θεωρούνται: η εκλυόμενη θερμότητα από τα ηλεκτρικά συστήματα φωτισμού (αισθητή θερμότητα), η έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους (αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα), η οποία καθορίζεται ανάλογα τη δραστηριότητά τους, δηλαδή ανάλογα τη χρήση των χώρων, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός και οι συσκευές του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης.

Ανάλογα με το είδος των εσωτερικών κερδών και τη χρήση του κτηρίου, καθορίζεται και ο αντίστοιχος συντελεστής ετεροχρονισμού, βάσει του οποίου εκτιμάται η πραγματική έκλυση θερμότητας στον εκάστοτε χώρο. Στην οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, και πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 2.6, δίνονται αναλυτικά σε πίνακες οι

τιμές για εσωτερικά κέρδη από τους χρήστες και τις συσκευές, καθώς επίσης και ο συντελεστής παρουσίας χρηστών και ο συντελεστής ετεροχρονισμού για τις συσκευές.

Και σε αυτή την περίπτωση, η εισαγωγή των δεδομένων για τα εσωτερικά κέρδη που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου γίνεται αυτόματα, με την επιλογή της χρήσης του κτηρίου, επομένως, ο επιθεωρητής δεν χρειάζεται να συμπληρώσει τα αντίστοιχα δεδομένα.

#### 4.4.4 Γεωμετρία του κτηρίου ή θερμικών ζωνών

Τα γεωμετρικά στοιχεία του κτηρίου είναι από τις πιο βασικές παραμέτρους που εισάγονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου. Ο επιθεωρητής καταγράφει τα απαιτούμενα γεωμετρικά δεδομένα του κτηρίου με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτηρίου, ενώ σε περίπτωση απόκλισης των γεωμετρικών δεδομένων του κτηρίου από τα σχέδια ή έλλειψης αρχιτεκτονικών σχεδίων, υποχρεούται να προβεί σε μία από τις δύο παρακάτω εναλλακτικές λύσεις:

1. Να κάνει αποτύπωση των αποκλίσεων των γεωμετρικών δεδομένων του κτηρίου πάνω στα υφιστάμενα αρχιτεκτονικά σχέδια, με την προϋπόθεση ότι το κτήριο είναι μικρής επιφάνειας και η αποτύπωση των αποκλίσεων μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην εκτίμηση των γεωμετρικών δεδομένων που απαιτούνται. Σε καμία περίπτωση, ο επιθεωρητής δεν είναι υποχρεωμένος να κάνει την αποτύπωση αυτή.
2. Να ζητήσει από τον ιδιοκτήτη/διαχειριστή ή τον τεχνικό υπεύθυνο του κτηρίου την ακριβή αποτύπωση των κτηριακών εγκαταστάσεων σε νέα αρχιτεκτονικά σχέδια πριν τη διεξαγωγή της επιθεώρησης του κτηρίου. Η αποτύπωση και σύνταξη των νέων σχεδίων θα πρέπει να γίνει από αρμόδιο μηχανικό σύμφωνα με τα όσα ορίζει η νομοθεσία. Σε περίπτωση που υπάρχουν αντίγραφα σχεδίων στην αρμόδια πολεοδομία, ο ιδιοκτήτης/διαχειριστής μπορεί να ζητήσει αντίγραφο και να το προσκομίσει για την επιθεώρηση.

Κατά την καταγραφή των γεωμετρικών παραμέτρων του κτηρίου στο έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης πραγματοποιείται έλεγχος των αρχιτεκτονικών σχεδίων και καταγραφή στα έντυπα επιθεώρησης όλων των απαραίτητων γεωμετρικών δεδομένων του κτηρίου. Ακόμη, γίνεται επιβεβαίωση των γεωμετρικών δεδομένων κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης. Σε περίπτωση επέκτασης ή τροποποίησης των χώρων (π.χ. ημιυπαίθριοι χώροι) σε σχέση με τα κατασκευαστικά σχέδια, ο επιθεωρητής λαμβάνει υπόψη τα πραγματικά δεδομένα του κτηρίου που παρατηρεί και όχι των σχεδίων. Τέλος, εκτιμώνται τα γεωμετρικά μεγέθη των δομικών στοιχείων ανά θερμική ζώνη του κτηρίου, έτσι όπως έχουν καθοριστεί από τον επιθεωρητή για την διευκόλυνση των υπολογισμών.

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, στις παραγράφους 3.1, 3.1.1, 3.1.2 και 3.1.3, δίνονται αναλυτικές οδηγίες για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών στοιχείων σε επίπεδο κτηρίου ή θερμικής ζώνης αντίστοιχα. Επίσης, στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010 δίνονται αναλυτικές οδηγίες για την καταγραφή των γεωμετρικών δεδομένων σε επίπεδο κτηρίου ή θερμικής ζώνης στο σχετικό έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου (Παράρτημα Α1).

Στα πλαίσια των παραπάνω οδηγιών ο επιθεωρητής καταγράφει τα παρακάτω γεωμετρικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για το σκοπό της ενεργειακής επιθεώρησης :

- την συνολική μικτή επιφάνεια δαπέδου του κτηρίου ή των θερμικών ζωνών.
- το ύψος του ορόφου ή/και το μικτό όγκο του υπό μελέτη κτηρίου ή θερμικής ζώνης.
- την εξωτερική επιφάνεια (συνολική ή επιμέρους) των κατακόρυφων δομικών στοιχείων ανά προσανατολισμό, καθώς και των οριζόντιων δομικών στοιχείων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης, που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα ή με το έδαφος.
- το πάχος των εξωτερικών κατακόρυφων δομικών στοιχείων, δηλαδή της τοιχοποιίας, των δοκών, των υποστυλωμάτων ανά προσανατολισμό, καθώς και των οριζόντιων εξωτερικών δομικών στοιχείων, δηλαδή του δαπέδου, της πλάκας οροφής, κ.α.
- οι εξωτερικές διαστάσεις όλων των διαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης (κουφωμάτων), το ποσοστό πλαισίου επί της επιφάνειας κάθε ανοίγματος, καθώς και η περίμετρος και το εμβαδόν κάθε κουφώματος, ανά προσανατολισμό,
- τις διαχωριστικές μικτές επιφάνειες των θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης προς μη θερμαινόμενους χώρους ή/και ηλιακούς χώρους ή/και άλλα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- το μήκος και το είδος των θερμογεφυρών που υπάρχουν σε κάθε εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης, ανά προσανατολισμό, σε περίπτωση νέων ή ριζικά ανακαινιζόμενων κτηρίων.

#### 4.4.5 Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών στοιχείων κτηρίου

Για όλα τα δομικά στοιχεία των εξωτερικών επιφανειών σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον (εξωτερικός αέρας ή έδαφος) του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης, των διαχωριστικών επιφανειών με μη θερμαινόμενους ή/και ηλιακούς χώρους, καθώς και των εξωτερικών επιφανειών των μη θερμαινόμενων ή/και ηλιακών χώρων καταγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι θερμοφυσικές ιδιότητές τους.

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, στην παράγραφο 3.2 (3.2.1 έως και 3.2.7), δίνονται αναλυτικές οδηγίες για τον προσδιορισμό των θερμοφυσικών ιδιοτήτων και τεχνικών χαρακτηριστικών για όλα τα αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου, όπως επίσης δίνονται αναλυτικές οδηγίες για την καταγραφή των στοιχείων αυτών, σε επίπεδο κτηρίου ή θερμικής ζώνης, στο σχετικό έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου (Παράρτημα Α1). Τα μεγέθη που προσδιορίζουν την ποιότητα κατασκευής, τις θερμοφυσικές και οπτικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης (αδιαφανή και διαφανή) σύμφωνα με τις παραπάνω Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. είναι:

- *Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  των εξωτερικών δομικών αδιαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.* Προσδιορίζεται ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του κτηρίου και το βαθμό θερμομονωτικής προστασίας που παρέχει το δομικό στοιχείο, σύμφωνα με τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.2.1.).
- *Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  των εξωτερικών δομικών αδιαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε επαφή με το έδαφος.* Ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του κτηρίου και το βαθμό θερμομονωτικής προστασίας που παρέχει το δομικό στοιχείο προσδιορίζεται ο ονομαστικός

- συντελεστής θερμοπερατότητας και στη συνέχεια, με βάση τη χαρακτηριστική διάσταση του δομικού στοιχείου που είναι σε επαφή με το έδαφος, υπολογίζεται ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας, ο οποίος χρησιμοποιείται ως δεδομένο εισαγωγής στο λογισμικό. Αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας υπολογισμού γίνεται στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.2.2.).
- *Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  των εξωτερικών δομικών αδιαφανών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε επαφή με μη θερμαινόμενους ή/και ηλιακούς χώρους.* Προσδιορίζεται ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του κτηρίου και το βαθμό θερμομονωτικής προστασίας που παρέχει το δομικό στοιχείο, όπως ορίζεται στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.2.3).
  - *Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  των διαφανών επιφανειών (κουφωμάτων) του κτιριακού κελύφους.* Προσδιορίζεται σε σχέση με τον τύπο του υαλοπίνακα και του πλαισίου, καθώς και σε συνάρτηση με το ποσοστό του πλαισίου, όπως ορίζεται στις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 και 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.3).
  - *Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας  $\Psi$  όλων των θερμογεφυρών που εμφανίζονται στο κτιριακό κέλυφος.* Ανάλογα τον τύπο των θερμογεφυρών και τη χρονολογία κατασκευής του κτηρίου προσδιορίζεται και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας για τα αδιαφανή και διαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 γίνεται αναφορά σε όλους του τύπους θερμογεφυρών, καθώς και στον τρόπο προσδιορισμού της γραμμικής τους θερμοπερατότητας.
  - *Ο συντελεστής ηλιακού θερμικού κέρδους  $g$  (SHGC) των κουφωμάτων.* Αφορά στους υαλοπίνακες των κουφωμάτων και προσδιορίζεται ανάλογα τον τύπο τους και το ποσοστό πλαισίου του κουφώματος σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.7). Για τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια, όταν υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές προδιαγραφές για τους υαλοπίνακες, ελέγχονται και επιβεβαιώνονται από τον επιθεωρητή.
  - *Η θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων του κτηρίου.* Για τον προσδιορισμό της θερμοχωρητικότητας του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης, λαμβάνονται υπόψη όλα τα δομικά στοιχεία που βρίσκονται προς το εξωτερικό (τοιχοποιίες, οροφές, δάπεδα) και το εσωτερικό (εσωτερικοί τοίχοι, δάπεδα) του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.4) δίνονται εναλλακτικά τυπικές τιμές της ανηγμένης θερμοχωρητικότητας κτηρίων ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς.
  - *Ο συντελεστής απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία των αδιαφανών δομικών στοιχείων.* Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται κυρίως από την υφή (τραχιά ή λεία) και το χρώμα της εξωτερικής τελικής επιφάνειας. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.5) δίνονται τυπικές τιμές της απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία για διάφορους τρόπους διαμόρφωσης των εξωτερικών επιφανειών των κτηρίων.
  - *Ο συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία των εξωτερικών επιφανειών.* Ο συντελεστής αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το δομικό υλικό και την τελική διαμόρφωση της επιφάνειας. Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.6) δίνονται τυπικές τιμές του συντελεστή θερμικής

ακτινοβολίας για διάφορους τρόπους διαμόρφωσης των εξωτερικών επιφανειών.

Βέβαια, πρακτικά οι περισσότερες από τις παραπάνω θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων του κτηρίου δεν μπορούν ούτε να μετρηθούν με ακρίβεια, αλλά ούτε να εκτιμηθούν εύκολα λόγω έλλειψης δεδομένων. Για το λόγο αυτό στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, έχουν δημιουργηθεί πίνακες συντελεστών για τις διάφορες περιπτώσεις έτσι να προσδιοριστούν οι απαραίτητες παράμετροι για κάθε τύπο δομικού στοιχείου με προσεγγιστικό τρόπο, ιδιαίτερα στην περίπτωση των υφιστάμενων κτηρίων. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η ομοιομορφία και η συνεκτικότητα των δεδομένων εισόδου στο λογισμικό.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση την Τεχνική Οδηγία τα κτήρια χωρίζονται σε 3 γενικές κατηγορίες ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής και σε υποκατηγορίες ανάλογα με την ποιότητα θερμομονωτικής προστασίας και σε κάθε περίπτωση, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είτε υπολογίζεται σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, αν υπάρχουν τα διαθέσιμα στοιχεία, είτε εκτιμάται από τους σχετικούς πίνακες της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.2).

#### 4.4.6 Αεροστεγανότητα κτηρίου

Η αεροστεγανότητα ενός κτηρίου εξαρτάται από το είδος των κουφωμάτων (ανοιγόμενα, συρόμενα επάλληλα, συρόμενα χωνευτά), την ποιότητα των χαραμάδων των ανοιγμάτων (ύπαρξη ψυκτρών), τη συναρμογή των κουφωμάτων με την τοιχοποιία, το είδος του πλαισίου (μεταλλικό, συνθετικό, ξύλινο), την επιφάνεια και τον προσανατολισμό των κουφωμάτων, τις θυρίδες αερισμού (π.χ. εστιών καύσης) που πιθανόν υπάρχουν στο κτήριο και έχει να κάνει με τον αθέλητο αερισμό που προκύπτει λόγω διείσδυσης του αέρα με τους παραπάνω τρόπους. Η αεροστεγανότητα του κτηρίου όπως είναι φυσικό είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και για αυτό πρακτικά, για τον υπολογισμό της διείσδυσης αέρα χρησιμοποιούνται διάφορες εμπειρικές σχέσεις παραμετροποιημένες.

Στην παράγραφο 3.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 δίνεται αναλυτικά ο τρόπος προσδιορισμού του αερισμού λόγω χαραμάδων από τα κουφώματα ενός κτηρίου, ανάλογα με τον τύπο του κουφώματος, την ανεμόπτωση και το υλικό του πλαισίου, καθώς επίσης και λόγω της διείσδυσης του αέρα από τις θυρίδες αερισμού. Ακόμη, δίνονται πίνακες τιμών αεροστεγανότητας για τις περιπτώσεις που δεν είναι εφικτός ο αναλυτικός υπολογισμός του αερισμού.

#### 4.4.7 Συστήματα σκιασμού

Ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός κτηρίου πρέπει να εξασφαλίζει τον ηλιασμό κατά τη χειμερινή περίοδο και τον σκιασμό κατά τη θερινή περίοδο, έτσι ώστε να περιορίζεται η ανάγκη για θερμική και ψυκτική ενέργεια αντίστοιχα.

Η σκίαση των επιφανειών του κτηρίου λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης μέσω των εποχικών συντελεστών σκίασης (χειμερινή, θερινή περίοδος). Τρεις είναι οι βασικοί συντελεστές σκίασης μιας επιφάνειας:

- Ο συντελεστής σκίασης λόγω περιβάλλοντα χώρου, ο οποίος εξαρτάται από τη γωνία θέασης του γειτονικού εμποδίου.
- Ο συντελεστής σκίασης λόγω οριζόντιων εξωτερικών σκιάστρων, ο οποίος εξαρτάται από τη γωνία θέασης του οριζόντιου σταθερού σκιάστρου (πρόβολος, τέντα, κ.τ.λ.).

- Ο συντελεστής σκίασης λόγω των πλευρικών εξωτερικών σκιάστρων, ο οποίος εξαρτάται από τη γωνία θέασης της πλευρικής προεξοχής.

Οι εποχικοί συντελεστές σκίασης προσδιορίζονται σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παράγραφος 3.3 ανάλογα με τον προσανατολισμό της επιφάνειας και τη γεωμετρία της διάταξης που προσφέρει σκiasμό.

#### 4.4.8 Συστήματα θέρμανσης χώρων, ψύξης, μηχανικού αερισμού, Ζ.Ν.Χ

##### *Συστήματα θέρμανσης χώρων*

Ως σύστημα θέρμανσης χώρων νοείται κάθε σύστημα που παράγει και διανέμει θερμική ενέργεια μέσα στο κτήριο. Σε περίπτωση που ένα κτήριο δε διαθέτει σύστημα θέρμανσης, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης θεωρείται ότι θερμαίνεται σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ. και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παράγραφος 4.1.

Κατά την επιθεώρηση του κτηρίου καταγράφονται στο έντυπο τα δεδομένα του συστήματος θέρμανσης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που υπάρχει μελέτη θέρμανσης, ο επιθεωρητής επιβεβαιώνει και καταγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης και εκτιμάει τα απαραίτητα δεδομένα για τους υπολογισμούς σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Το σύστημα θέρμανσης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης χωρίζεται σε τρεις τομείς καθέννας από τους οποίους έχει τις δικές του παραμέτρους, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- *Μονάδες παραγωγής θερμότητας*, που περιλαμβάνουν κεντρικά συστήματα παραγωγής θερμότητας όπως λέβητες ή αντλίες θερμότητας, τοπικές μονάδες παραγωγής θερμότητας όπως αερίου, ηλεκτρικά σώματα, τοπικές αντλίες θερμότητας, κ.τ.λ.
- *Δίκτυο διανομής θερμότητας*, οι σωληνώσεις μεταφοράς θερμού μέσου (νερό, κ.ά.), αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα, κ.τ.λ.
- *Μονάδες εκπομπής θερμότητας*, που περιλαμβάνουν θερμαντικά σώματα, στοιχείο μονάδας ανεμιστήρα, ενδοδαπέδιο σύστημα, επιτοίχιο σύστημα κ.τ.λ.

Στην παράγραφο 4.1. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 δίνεται αναλυτική περιγραφή για τον προσδιορισμό της θερμικής απόδοσης μιας μονάδας παραγωγής θερμότητας, λαμβάνοντας υπόψιν το είδος καυσίμου, τα βοηθητικά ηλεκτρικά συστήματα, τις ώρες λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων, το ποσοστό του θερμικού φορτίου για το κτήριο ή τη θερμική ζώνη που καλύπτει κάθε μονάδα παραγωγής θέρμανσης, καθώς επίσης και την ενδεχόμενη χρήση ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση των χώρων.

##### *Συστήματα ψύξης χώρων*

Ως σύστημα ψύξης χώρων νοείται κάθε σύστημα που παράγει και διανέμει ψυκτική ενέργεια μέσα στο κτήριο. Σε περίπτωση που ένα κτήριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης, για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης θεωρείται ότι ψύχεται σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στον Κ.ΕΝ.Α.Κ. και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 1/2010, παράγραφο 4.2.



Κατά την επιθεώρηση του κτηρίου καταγράφονται στο έντυπο τα δεδομένα του συστήματος ψύξης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που υπάρχει μελέτη ψύξης χώρων, ο επιθεωρητής επιβεβαιώνει και καταγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος ψύξης χώρων και εκτιμάει τα απαραίτητα δεδομένα για τους υπολογισμούς από τη σχετική Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Το σύστημα ψύξης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης χωρίζεται σε τρεις τομείς, καθένας από τους οποίους έχει τις δικές του παραμέτρους, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- Μονάδες παραγωγής ψύξης: κεντρικά συστήματα παραγωγής ψύξης, όπως ψύκτες ή αντλίες θερμότητας, τοπικές μονάδες παραγωγής ψύξης (τοπικές αντλίες θερμότητας).
- Δίκτυο διανομής ψύξης: οι σωληνώσεις μεταφοράς ψυχρού μέσου (νερό, κ.ά.), αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα, κ.τ.λ.
- Μονάδες εκπομπής ψύξης: στοιχείο μονάδας ανεμιστήρα, ενδοδαπέδιο σύστημα, επιτοίχιο σύστημα κ.τ.λ.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, από τη μονάδα παραγωγής ψύξης, χρησιμοποιούνται τα δεδομένα για το δείκτη ενεργειακής απόδοσης EER της μονάδας, το είδος καυσίμου, τα βοηθητικά ηλεκτρικά συστήματα, τις ώρες λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων ψύξης, το ποσοστό του ψυκτικού φορτίου για το κτήριο ή τη θερμική ζώνη που καλύπτει κάθε μονάδα παραγωγής ψύξης, ενώ στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 στην παράγραφο 4.2. δίνεται αναλυτική περιγραφή για τον προσδιορισμό της. Επίσης, στην παράγραφο 4.5 της ίδιας οδηγίας, δίνεται αναλυτική περιγραφή για τον προσδιορισμό των δεδομένων για τα βοηθητικά συστήματα ψύξης.

#### *Συστήματα μηχανικού αερισμού*

Τα συστήματα μηχανικού αερισμού εξυπηρετούν τις ανάγκες παροχής νωπού αέρα, ιδίως κτηρίων του τριτογενούς τομέα, καθώς τα κτήρια κατοικίας καλύπτουν αυτή την ανάγκη μέσω του φυσικού αερισμού.

Ο αερισμός ενός κτηρίου μπορεί να γίνει μέσω ενός αυτόνομου τοπικού ή κεντρικού συστήματος αερισμού (προσαγωγή νωπού αέρα χωρίς άλλη επεξεργασία εκτός από φιλτράρισμα του αέρα) ή/και συστήματος εξαερισμού (απαγωγή και απόρριψη εσωτερικού αέρα) ή/και μέσω δικτύου αερισμού με κεντρική κλιματιστική μονάδα (Κ.Κ.Μ.) διαχείρισης αέρα (θέρμανσης, ψύξης, ύγρανσης, αφύγρανσης και φιλτράρισμα αέρα), δηλαδή πλήρης κλιματισμός και προσαγωγή του απαιτούμενου νωπού αέρα για το κτήριο ή την θερμική ζώνη.

Στην οδηγία στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 στην παράγραφο 4.6 περιγράφεται αναλυτικά ο προσδιορισμός των δεδομένων που αφορούν τον αερισμό και χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου. Τα δεδομένα αυτά είναι : ο τύπος μηχανικού αερισμού, η παροχή νωπού αέρα, η θερμοκρασία προσαγωγής για κάθε εποχή, ο χρόνος λειτουργίας του συστήματος, η ισχύς των ανεμιστήρων, η απόδοση ανάκτησης αν υπάρχει, η απόδοση ανακυκλοφορίας αν υπάρχει, κ.τ.λ.

#### *Σύστημα ύγρανσης χώρων*

Το σύστημα ύγρανσης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης καλύπτει τις ανάγκες για ύγρανση του εσωτερικού αέρα, σε συνδυασμό με το σύστημα μηχανικού αερισμού. Οι ανάγκες για ύγρανση του αέρα των χώρων ενός κτηρίου προκύπτουν σε σχέση με την υγρασία του αέρα της περιοχής που βρίσκεται το κτήριο και τις επιθυμητές

εσωτερικές συνθήκες υγρασίας, οι οποίες ορίζονται στην παράγραφο 2.4.2 (πίνακας 2.2) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

Κατά την επιθεώρηση καταγράφεται το σύστημα παραγωγής υγρασίας, το οποίο μπορεί να είναι μια κεντρική μονάδα ατμοπαραγωγής ή, συνηθέστερα, ένα τοπικό σύστημα ψεκασμού με παραγωγή ατμού με ηλεκτρική αντίσταση. Στην παράγραφο 4.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 αναλύονται όλες οι παράμετροι του συστήματος ύγρανσης που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Το σύστημα παραγωγής υγρασίας αποτελείται από δύο τομείς:

- Μονάδα παραγωγής υγρασίας (ατμού): Χρειάζεται ο προσδιορισμός του συντελεστή θερμικής απόδοσης της μονάδας παραγωγής, το είδος καυσίμου και η απαιτούμενη παροχή υγρασίας στους χώρους.
- Δίκτυο διανομής ατμού: Χρειάζεται ο προσδιορισμός του συντελεστή θερμικής απόδοσης του δικτύου διανομής, ο οποίος προσδιορίζεται σε σχέση με τη θερμοκρασία του δικτύου και την ποιότητα της θερμομόνωσης.

#### *Σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης - ZNX*

Κατά την επιθεώρηση του κτηρίου καταγράφονται τα δεδομένα του ηλιοθερμικού συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης του κτηρίου, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στην σχετική μελέτη και ακολουθεί επιβεβαίωση των δεδομένων από τον επιθεωρητή. Αν δεν υπάρχει μελέτη για τα ηλιοθερμικά συστήματα ενός κτηρίου, τότε ο επιθεωρητής καταγράφει όσα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλιοθερμικού συστήματος είναι διαθέσιμα και εκτιμάει τα απαραίτητα δεδομένα για τους υπολογισμούς, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στη σχετική παράγραφο 5.3.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.

Κατόπιν, καταγράφονται τα δεδομένα του συμβατικού συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που υπάρχει μελέτη για το σύστημα ZNX, ο επιθεωρητής επιβεβαιώνει και καταγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος και εκτιμάει τα απαραίτητα δεδομένα για τους υπολογισμούς από την παράγραφο 4.8 στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Το σύστημα ZNX του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης χωρίζεται σε τρεις τομείς, οι οποίοι αναλύονται στη συνέχεια, καταγράφοντας για καθένα ορισμένες παραμέτρους:

- Μονάδα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης: κεντρικά συστήματα παραγωγής ZNX όπως λέβητες ή αντλίες θερμότητας, τοπικές μονάδες παραγωγής ZNX όπως μονάδες αερίου, ηλεκτρικοί θερμαντήρες, ταχυθερμαντήρες, κ.ά.
- Δίκτυο διανομής θερμότητας: οι σωληνώσεις μεταφοράς θερμού μέσου (νερό, κ.ά.), κ.τ.λ.
- Τερματική μονάδα απόδοσης θερμότητας για ZNX: θερμαντήρες με εναλλάκτη ή με ηλεκτρική αντίσταση ή άλλο σύστημα αποθήκευσης.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, από το σύστημα παραγωγής ZNX χρησιμοποιούνται τα δεδομένα για το συντελεστή θερμικής απόδοσης της μονάδας παραγωγής ZNX, το είδος καυσίμου (ηλεκτρικό, πετρέλαιο, κ.ά.), το ποσοστό του θερμικού φορτίου για ZNX που καλύπτει το σύστημα, τη θερμική απόδοση του δικτύου διανομής ZNX, τη θερμική απόδοση των τερματικών μονάδων απόδοσης θερμότητας (αποθήκευσης) για ZNX.

Ο υπολογισμός του φορτίου για ZNX σε ένα κτήριο γίνεται με βάση την κατανάλωση ZNX ανά χρήση κτηρίου, η οποία ορίζεται στην παράγραφο 2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, καθώς επίσης και τις θερμοκρασίες του νερού στο δίκτυο της περιοχής.

#### 4.4.9 Σύστημα Φωτισμού

Κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, εκτός των κατοικιών, λαμβάνονται υπόψη τα συστήματα φωτισμού, τόσο για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου, όσο και για τη συνεισφορά τους στα εσωτερικά θερμικά φορτία του κτηρίου. Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων γενικού φωτισμού στο χώρο που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης είναι τα εξής:

- Εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών λαμπτήρων. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων αποτυπώνεται αναλυτικά η ηλεκτρική ισχύς τους και η φωτιστική τους απόδοση (φωτεινή δραστηριότητα) σε lumen/W.
- Ποσοστό του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης που λαμβάνεται ως ζώνη φυσικού φωτισμού Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παράγραφος 5.1.3.2, περιγράφεται ο προσδιορισμός των ζωνών φυσικού φωτισμού.
- Διατάξεις αυτόματου ελέγχου του συστήματος φωτισμού, περιλαμβανομένων και των διατάξεων ελέγχου φυσικού φωτισμού χώρων: λουξόμετρα (στάθμη φωτισμού), χρονο Σύστημα απομάκρυνσης της εκλυόμενης θερμότητας από τα φωτιστικά, σε περίπτωση που υπάρχει στο κτήριο.
- Ύπαρξη συστήματος φωτισμού ασφαλείας στο κτήριο ή την θερμική ζώνη.
- Η ύπαρξη συστήματος εφεδρείας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού των χώρων.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, λαμβάνεται υπόψη και η περίοδος αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού και η περίοδος χρήσης του τεχνητού φωτισμού. Αυτές οι παράμετροι είναι καθορισμένες ανά χρήση κτηρίου και λαμβάνονται από τον πίνακα 5.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010. Στο λογισμικό οι τιμές εισάγονται αυτόματα και σε σχέση με το ποσοστό των χώρων που λαμβάνεται σαν ζώνη φυσικού φωτισμού.

#### 4.4.10 Διατάξεις αυτομάτου ελέγχου

Η χρήση διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (BEMS) μειώνει την τελική κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου. Σύμφωνα με την περιγραφή του πίνακα 5.5, στην παράγραφο 5.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, ανάλογα με τις διατάξεις αυτομάτου ελέγχου που διαθέτει ένα κτήριο, κατατάσσεται σε μια από τις κατηγορίες Α, Β, Γ ή Δ. Για να καταταχθεί ένα κτήριο σε μια από τις κατηγορίες αυτές, θα πρέπει να διαθέτει όλες τις διατάξεις αυτοματισμών (τοπικές ή κεντρικές) που αντιστοιχούν στην κατηγορία αυτή, αλλιώς κατατάσσεται στην αμέσως χαμηλότερη.

#### 4.4.11 Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού & θερμότητας - ΣΗΘ

Προκειμένου να προσδιοριστεί η συνεισφορά ενός συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) σε ένα κτήριο, κατά τους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται διάφορα δεδομένα, τα οποία προσδιορίζονται από τις τεχνικές προδιαγραφές του κατασκευαστή εάν υπάρχουν. Τα απαιτούμενα δεδομένα είναι:

- η κατανάλωση καυσίμου του συστήματος,
- ο ονομαστικός ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος,
- ο ονομαστικός θερμικός βαθμός απόδοσης του συστήματος,

- το ποσοστό και το είδος θερμικού φορτίου (θέρμανση χώρων, ZNX) που καλύπτει το ΣΗΘ.

#### 4.4.12 Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – Α.Π.Ε.

Η χρήση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.), μειώνει την κατανάλωση συμβατικής ενέργειας στο κτήριο. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση καταγράφονται όλα τα δεδομένα των συστημάτων Α.Π.Ε. που υπάρχουν στο κτήριο και χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς. Στην παράγραφο 5.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, αναλύονται όλες οι παράμετροι που καταγράφονται για τα συστήματα Α.Π.Ε. Πιο συγκεκριμένα για τους ηλιακούς συλλέκτες, τα απαιτούμενα δεδομένα είναι:

- Ο τύπος ηλιακών συλλεκτών: επίπεδοι με μονό ή διπλό τζάμι, κενού, κ.ά.
- Ο ετήσιος συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας του ηλιακού συλλέκτη. Η τιμή αυτή προκύπτει από τη μελέτη διαστασιολόγησης του συλλέκτη με μια δοκιμασμένη μέθοδο, όπως οι μέθοδοι που αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15316.4-3:2008 ή η μέθοδος καμπυλών  $f$  των S.klein, W.A. Beckman και J.A Duffie.
- Η συνολική επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών.
- Ο προσανατολισμός των ηλιακών συλλεκτών, συνήθως νότιος.
- Η κλίση των ηλιακών συλλεκτών.
- Το ποσοστό και το είδος (θέρμανση χώρων, ZNX) θερμικού φορτίου που καλύπτουν οι ηλιακοί συλλέκτες.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης ενός κτηρίου λαμβάνονται υπόψη μόνο τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων του κτηρίου και όχι αυτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και διάθεσής της στο ηλεκτρικό δίκτυο. Τα απαιτούμενα δεδομένα των Φ/Β για τους υπολογισμούς είναι:

- Ο τύπος του Φ/Β συστήματος: μονοκρυσταλλικό, άμορφο, κ.ά.
- Η χρονολογία εγκατάστασης και λειτουργίας του Φ/Β.
- Η απόδοση του Φ/Β συστήματος. Ενδεικτικές τιμές απόδοσης στην ελληνική αγορά δίνονται στον πίνακα 5.12 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010.
- Η επιφάνεια των Φ/Β.
- Ο προσανατολισμός των Φ/Β, συνήθως νότιος.
- Η κλίση των Φ/Β, συνήθως για την Ελλάδα για ετήσια χρήση  $26 \square 30$ ο.
- Ο συντελεστής σκίασης ο οποίος προσδιορίζεται από την γωνία θέασης και τον πίνακα 3.18 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, παράγραφος 3.3.2.

#### 4.4.13 Συντήρηση & Αναγκαίες Επεμβάσεις

Εκτός από την καταγραφή των δεδομένων στο έντυπο ενεργειακής επιθεώρησης, ο επιθεωρητής θα πρέπει να ενημερωθεί για τις προγραμματισμένες συντηρήσεις και να εντοπίσει τις αναγκαίες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης που έχουν προγραμματιστεί να γίνουν στο κτήριο. Ο επιθεωρητής ενημερώνεται από τον υπεύθυνο του κτηρίου για τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το κτήριο σχετικά με τη

λειτουργία του, καθώς και για τα παράπονα των χρηστών, σε περίπτωση που υπάρχουν. Στη συνέχεια θα πρέπει να εντοπίσει και επιβεβαιώσει τις ανάγκες του κτηρίου για αναβάθμιση και συντήρηση κατά την διάρκεια της επιθεώρησης, καθώς επίσης και να εκτιμήσει τις προτεραιότητες που πρέπει να δοθούν για την εφαρμογή διαφόρων επεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου και συντήρησης των εγκαταστάσεών του. Οι συντηρήσεις που θα πρέπει να εφαρμόζονται σε ένα κτήριο για τη βέλτιστη λειτουργία του είναι:

- Τακτική επισκευή τυχόν ζημιών στο κτηριακό κέλυφος: αποκατάσταση σοβά, στεγανοποίηση ανοιγμάτων, στεγανοποίηση αρμών, διόρθωση θερμογεφυρών, κ.ά.
- Ετήσιος έλεγχος και συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού του κτηρίου όπως: λέβητες, ψυκτικά μηχανήματα, τερματικές μονάδες, δίκτυα διανομής, κ.ά.
- Τακτικός έλεγχος των συστημάτων φωτισμού: καθαρισμός λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων, αντικατάσταση λαμπτήρων σε υπολειτουργία, κ.ά.
- Έλεγχος διατήρησης των κατάλληλων εσωτερικών συνθηκών στο κτήριο: θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, κ.ά.

#### 4.4.14 Απαιτούμενες Επεμβάσεις - Προτάσεις

Με την ολοκλήρωση της ενεργειακής επιθεώρησης του κτηρίου και έχοντας πλέον μια ολοκληρωμένη εικόνα για την πραγματική κατάσταση του κτηρίου, προσδιορίζονται με τη χρήση του λογισμικού, αφού πρώτα εκτιμηθεί η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του κτηρίου, οι πιθανές επεμβάσεις για τη μείωση της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας και κατά συνέπεια τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων CO<sub>2</sub>.

Από τα αποτελέσματα θα επιλεγούν οι επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης που μπορούν να εφαρμοστούν, είναι ενεργειακά και οικονομικά αποδοτικές, καθώς κι εκείνες που παρουσιάζουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά έχουν υψηλό κόστος εφαρμογής και μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρήση διαθέσιμων χρηματοδοτικών εργαλείων, ώστε να γίνουν οικονομικά ελκυστικές.

Τέλος, οι επεμβάσεις αυτές έτσι όπως αξιολογήθηκαν από τον επιθεωρητή παρουσιάζονται στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) του κτηρίου ως οι τελικές προτάσεις για την εφαρμογή επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

## 4.5 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί μια έννοια, που έχει εισέλθει στις νομοθεσίες, στην καθημερινότητα και στην συνείδηση των πολιτών τα τελευταία χρόνια. Αυτό συνέβει καθώς η ολοένα και αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας έχει εντείνει το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια ευθύνεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό για στην εκπομπή ρύπων. Στηριζόμενοι στο γεγονός αυτό, οι πολιτικοί ηγέτες συνέταξαν την νομοθεσία περί της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια, που αποσκοπεί στην αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης, δηλαδή στη μείωση των απαιτήσεων τους σε ενέργεια και κατά συνέπεια στη μείωση της συνεισφοράς τους στην κλιματική αλλαγή. Στα

πλαίσια αυτά, έχουν αναπτυχθεί μηχανισμοί για την ανάπτυξη κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης, όπως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτηρίων αλλά και διάφορα επιδοτούμενα προγράμματα που δίνουν κίνητρα στους ιδιοκτήτες ακινήτων να αυξήσουν την ενεργειακή απόδοση των ακινήτων τους. Ως κτήρια μηδενικής κατανάλωσης θεωρούνται κτήρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανόμενης της παραγόμενης επιτόπου ή πλησίον του κτηρίου. (Οδηγία 2010/31/ΕΕ άρθρο 2.2). Στη συνέχεια, αναλύονται οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η έννοια του πράσινου κτηρίου (Green Building), το επιδοτούμενο πρόγραμμα "Εξοικονόμηση Κατ' οίκον" που μέχρι πρόσφατα ήταν σε ισχύ στην Ελλάδα και πραγματοποιείται αναφορά σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα υπολογισμού του ενεργειακού αποτυπώματος κτηρίου στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος.

#### 4.5.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτηρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών – υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές άλλα και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτηρίων. Η βιοκλιματική είναι κλάδος της αρχιτεκτονικής που λαμβάνει υπ' όψη τις επιταγές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Με τον όρο "βιοκλιματικός σχεδιασμός" εννοείται ο σχεδιασμός ο οποίος αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός – αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη – θεωρείται από πολλούς μια νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και συνδυάζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενεργεία και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτηρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτηρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενεργείας για θέρμανση, τον κλιματισμό και τον φωτισμό των κτηρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και πολλαπλά οφέλη που την συνεπάγονται: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική – οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά.

Η γενικότερη αρχή του βιοκλιματικού σχεδιασμού θέτει ότι η Νότια πλευρά του κτηρίου πρέπει να χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση, ενώ αντίθετα η Βόρεια για προστασία από τους ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας. Ειδικότερα, οι βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σχετίζονται με την αρχιτεκτονική δομή και τον προσανατολισμό του κτηρίου καθώς και με τον περιβάλλοντα χώρο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας με το βιοκλιματικό σχεδιασμό ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του κτηρίου, το κλίμα της περιοχής και από τις επί μέρους τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. Σε κατοικίες της Ελλάδας έχει καταγραφεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 15-40% για θέρμανση και ολική κάλυψη των αναγκών ψύξης των κτηρίων σε σχέση με συμβατικά κτήρια καλής κατασκευής της ίδιας ηλικίας. Σε σχέση με παλαιότερα κτήρια, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ μεγαλύτερη. Η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού σε νέα κτήρια δεν αυξάνει το κατασκευαστικό κόστος, εφ' όσον εφαρμόζονται απλά συστήματα και τεχνολογίες. Κατά την εφαρμογή ειδικών τεχνολογιών μια αύξηση του κατασκευαστικού κόστους ενός κτηρίου κατά 10-15% θεωρείται λογική. Για επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτήρια υπάρχει πάντα επί πλέον κόστος, μέρος του οποίου όμως μπορεί να ενταχθεί στο συνολικό κόστος ανακαίνισης ή ανακατασκευής ενός κτηρίου.

#### 4.5.2 Πράσινα Κτήρια

Πράσινο κτήριο αποτελεί μια πρακτική δημιουργίας κατασκευών, χρησιμοποιώντας διεργασίες φιλικές προς το περιβάλλον και κάνοντας αποτελεσματική χρήση των πόρων καθόλη την διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτηρίου από την χωροθέτηση για το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία, τη συντήρηση, την ανακαίνιση και την αποδόμηση. Αυτή η πρακτική επεκτείνεται και συμπληρώνει τις κλασικές ανησυχίες σχεδιασμού των κτηρίων που αφορούν την οικονομία, τη χρησιμότητα, την ανθεκτικότητα και την άνεση. Τα Πράσινα κτήρια είναι επίσης γνωστά ως βιώσιμα ή κτήρια υψηλής απόδοσης.

Τα πράσινα κτήρια έχουν σχεδιαστεί για να μειώσουν τη συνολική επίδραση του δομημένου περιβάλλοντος στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον μέσω της αποτελεσματικής χρήσης της ενέργειας, του νερού και άλλων φυσικών πόρων, της προστασίας των επιβαλλόντων υγείας και της βελτίωσης της παραγωγικότητας των εργαζομένων και της μείωσης των αποβλήτων, της ρύπανσης και της υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Πιο συγκεκριμένα, τα πράσινα κτήρια ενσωματώνουν βιώσιμα υλικά για την κατασκευή τους και δημιουργούν ένα υγιές περιβάλλον εκλύοντας όσο το δυνατό λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα.

Το πράσινο κτήριο συγκεντρώνει ένα ευρύ φάσμα πρακτικών, τεχνικών, και δεξιοτήτων για τη μείωση και τελικά εξάλειψη των επιπτώσεων των κτηρίων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Συχνά εστιάζει στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, π.χ., χρησιμοποιώντας το φως του ήλιου μέσα από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, ενεργητικά ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα, καθώς και με τη χρήση φυτών και δένδρων με πράσινες στέγες, κήπους βροχής, και της μείωσης της απορροής των ομβρίων υδάτων. Πολλές άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται, όπως η χρήση χαμηλής έντασης οικοδομικών υλικών ή με τη χρήση συσκευασμένου χαλικιού ή διαπερατό σκυρόδεμα αντί του συμβατικού σκυροδέματος ή ασφάλτου πραγματοποιούνται για να ενισχυθεί η αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων.

Από την αισθητική πλευρά της πράσινης αρχιτεκτονικής ή του αειφόρου σχεδιασμού είναι η φιλοσοφία του σχεδιασμού ενός κτηρίου που είναι σε αρμονία με τα φυσικά χαρακτηριστικά και τους πόρους γύρω από την περιοχή. Υπάρχουν πολλά βασικά

βήματα στο σχεδιασμό βιώσιμων κτηρίων όπως ο καθορισμός των «πράσινων» δομικών υλικών από τοπικές πηγές, η μείωση των φορτίων, η βελτιστοποίηση των συστημάτων, και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 4.5 : Παραδείγματα Πράσινων Κτηρίων

Πηγή : Google

#### 4.5.2 Επιδοτούμενο Πρόγραμμα “Εξοικονόμηση Κατ’οίκον”

Το πρόγραμμα “Εξοικονόμηση Κατ’οίκον” αποτελεί ένα συγχρηματοδοτούμενο Πρόγραμμα που παρέχει στους πολίτες κίνητρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της κατοικίας τους, εξοικονομώντας χρήματα και ενέργεια και αυξάνοντας την αξία του ακινήτου, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στους εθνικούς ενεργειακούς και περιβαλλοντικούς στόχους.

Η υλοποίηση του προγράμματος στηρίζεται στην εφαρμογή του θεσμικού πλαισίου που διαμορφώθηκε με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ, Δ6/Β/5825/30.03.2010, ΦΕΚ Β’ 407) και το Π.Δ. 100/30.09.2010 (ΦΕΚ 177 Α’) για τους ενεργειακούς επιθεωρητές. Η προκήρυξη του Προγράμματος πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση με αριθμ.πρωτ. ΦΒ1/Ε2.1/244/6.

Συγκεκριμένα το Πρόγραμμα «Εξοικονόμηση κατ’ Οίκον» προβλέπει την επιδότηση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτήρια που διαθέτουν οικοδομική άδεια ή άλλο νομιμοποιητικό έγγραφο, σε όλη τη χώρα, που:

- Βρίσκονται σε περιοχές με τιμή ζώνης χαμηλότερη ή ίση των 2.100 €/ τ.μ., όπως αυτή έχει διαμορφωθεί πριν τις 31.12.2009,
- φέρει οικοδομική άδεια. Στην περίπτωση που ο ιδιοκτήτης του κτηρίου δε διαθέτει οικοδομική άδεια, θα πρέπει να προσκομισθεί σχετικό νομιμοποιητικό έγγραφο, από το οποίο να προκύπτει ότι το κτήριο υφίσταται νόμιμα. Για τις περιπτώσεις που η οικοδομική άδεια απωλέσθη ή τα σχετικά αρχεία βάσει των οποίων μπορεί να εκδοθεί το ως άνω νομιμοποιητικό έγγραφο δεν είναι άμεσα διαθέσιμα, η άδεια και το νομιμοποιητικό έγγραφο πρέπει να προσκομιστούν στο χρηματοπιστωτικό οργανισμό πριν την υπογραφή της δανειακής σύμβασης.



- Έχουν καταταχθεί βάσει του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) σε κατηγορία χαμηλότερη ή ίση της Δ,
- Δεν έχουν κριθεί κατεδαφιστέα

Ο κάθε πολίτης έχει το δικαίωμα να εφαρμόσει το Πρόγραμμα σε όσες ιδιοκτησίες του αυτός επιθυμεί, εφόσον αυτές πληρούν τις προϋποθέσεις για την ένταξή τους σε αυτό. Σε πολυκατοικίες όσοι ιδιοκτήτες δεν επιθυμούν να ενταχθούν στο πρόγραμμα μπορούν να συμμετέχουν με ίδια κεφάλαια. Ακόμη, έχουν το δικαίωμα επιδότησης κενά διαμερίσματα που κατοικούνταν εντός των τελευταίων τριών ετών.

Οι ωφελούμενοι εντάσσονται στο Πρόγραμμα με βάση το ατομικό ή οικογενειακό τους εισόδημα και λαμβάνουν επιχορήγηση σε αντιστοιχία με αυτό. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι κατηγορίες ωφελούμενων με βάση το φορολογικό εισόδημα και τα αντίστοιχα κίνητρα επιχορήγησης που παρέχονται σε κάθε μια από αυτές.

Κατηγορία Ωφελούμενων	A1	A2	B
<b>Ατομικό Εισόδημα</b>	A.E. ≤12.000€	12.000€ < A.E. ≤ 40.000€	40.000€ < A.E. ≤ 60.000€
<b>Οικογενειακό Εισόδημα</b>	O.E. ≤ 20.000€	20.000€ < O.E. ≤ 60.000€	60.000€ < O.E. ≤ 80.000€
<b>Κίνητρο</b>	70% Επιχορήγηση  30% Άτοκο Δάνειο (επιδότηση επιτοκίου 100% έως 31.12.2015)	35% Επιχορήγηση  65% Άτοκο Δάνειο (επιδότηση επιτοκίου 100% έως 31.12.2015)	15% Επιχορήγηση  85% Άτοκο Δάνειο (επιδότηση επιτοκίου 100% έως 31.12.2015)

Πίνακας 4.4 : Κατηγορίες και κίνητρα ένταξης στο Πρόγραμμα Έξοικονόμηση Κατ'οίκον

Πηγή : ΥΠΕΚΑ

Προβλέπεται δυνατότητα λήψης 4/5/6ετούς δανείου, με ή χωρίς εγγυητή, χωρίς προσημείωση ακινήτου, δυνατότητα άμεσης αποπληρωμής του δανείου χωρίς επιβαρύνσεις, καθώς και εξόφληση των προμηθευτών/ αναδόχων μέσω της τράπεζας χωρίς την εμπλοκή του πολίτη. Με την υπαγωγή στο πρόγραμμα παρέχεται προκαταβολή 40% του προϋπολογισμού της αίτησης.

Για την ένταξη στο Πρόγραμμα απαιτείται η διενέργεια δύο ενεργειακών επιθεωρήσεων, μία πριν και μία μετά τις παρεμβάσεις, το κόστος των οποίων καλύπτεται κατά 100% από το επιδοτούμενο Πρόγραμμα, μετά την επιτυχή υλοποίηση του. Επιπλέον, καλύπτεται δαπάνη για αμοιβή συμβούλου έργου, έως 250€ χωρίς Φ.Π.Α.

Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται από τις παρεμβάσεις του προγράμματος πρέπει να αντιστοιχεί σε αναβάθμιση μιας ενεργειακής κατηγορίας ή στο 30% της ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου αναφοράς, ώστε να κριθεί επιτυχής η υλοποίηση του προγράμματος.

Οι παρεμβάσεις τις οποίες επιδοτεί το Πρόγραμμα είναι οι εξής :

1. Τοποθέτηση θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου συμπεριλαμβανομένου του δώματος/στέγης και της πιλοτής (συμπεριλαμβάνονται πρόσθετες εργασίες όπως αποξηλώσεις και αποκομιδή, επεμβάσεις στη στέγη πχ. αντικατάσταση κεραμιδιών, κτλ).
2. Αντικατάσταση κουφωμάτων και τοποθέτηση συστημάτων σκίασης (συμπ. εξώπορτα κτηρίου, κουφώματα κλιμακοστασίου, παντζούρια, ρολά, τέντες, κτλ).
3. Αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού χρήσης (συμπ. αντικατάσταση εξοπλισμού του λεβητοστασίου και του δικτύου διανομής, τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα, συστήματα ελέγχου και αυτονομίας θέρμανσης κτλ).

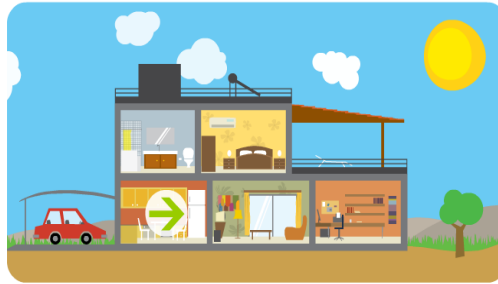
Για την υλοποίηση των παρεμβάσεων δεν απαιτείται αδειοδότηση, ούτε καν έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, εκτός πολύ ειδικών περιπτώσεων. Τέλος, ο μέγιστος επιλέξιμος προϋπολογισμός των παρεμβάσεων, συμπεριλαμβανομένου Φ.Π.Α. (που αποτελεί επιλέξιμη δαπάνη για το Πρόγραμμα) δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 15.000€ ανά ιδιοκτησία.

#### **4.5.3 Εφαρμογή WWF για τον Υπολογισμό Ενεργειακού Αποτυπώματος Κτηρίου**

Η WWF Ελλάδας, λαμβάνοντας υπόψιν την ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων για μια πιο βιώσιμη και αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος, ήδη από το 2007 δημιούργησε μια διαδικτυακή εφαρμογή για τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος σε επίπεδο νοικοκυριού. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα εύκολο και άμεσο υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε επίπεδο νοικοκυριού. Η εφαρμογή αυτή σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τον ελληνικό Διαδικτυακό τόπο της οργάνωσης, καθώς επίσημες μετρήσεις αποδεικνύουν ότι τα ελληνικά νοικοκυριά ευθύνονται για την υπερκατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια κατέχουν μεγάλο μερίδιο στο ποσοστό εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.

Η εφαρμογή αυτή φιλοξενείται στην επίσημη ιστοσελίδα της WWF Ελλάδας και η διαδικτυακή της διεύθυνση είναι : <http://www.wwf.gr/footprint>. Ο κάθε χρήστης επισκεπτόμενος την ιστοσελίδα μπορεί να μάθει το ενεργειακό αποτύπωμά του, δηλαδή πόσο διοξείδιο του άνθρακα εκλύουν στην ατμόσφαιρα οι καθημερινές του διαστηριότητες που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας στο νοικοκυριό του.

www.wwf.gr/footprint/flash.php



Εικόνα 4.5 : Αρχική σελίδα της εφαρμογής

Πηγή : <http://www.wwf.gr/footprint/flash.php>

Ο χρήστης ακολουθώντας τα βελάκια καθοδηγείται από δωμάτιο σε δωμάτιο στο εικονικό του σπίτι και επιλέγοντας τα χεράκια που βρίσκονται πάνω στις συσκευές απάντα σε ερωτήματα που αφορούν στη χρήση που κάνει στη κάθε συσκευή. Αφού επιλεγθούν όλες οι συσκευές υπολογίζεται μια προσεγγιστική τιμή της ενέργειας που καταναλώνει ο χρήστης και των αντίστοιχων εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η επιλογή των συσκευών και οι τιμές των καταναλώσεων τους που λαμβάνονται υπόψη είναι ενδεικτικές και βασίζονται σε μέσες τιμές. Ακόμη, λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος του χρήστη η χρήση αυτοκινήτου. Τέλος, αφού προσδιοριστούν οι χρήσεις όλων των συσκευών που συνεκτιμούνται για τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος, εμφανίζεται το παράθυρο των αποτελεσμάτων όπου προσδιορίζεται η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο χρήστης σε KWh/ έτος και η αντίστοιχη έκλυση CO<sub>2</sub> σε kg/ CO<sub>2</sub>/ έτος. Επίσης προτείνονται στον χρήστη συμβουλές για την εξοικονόμηση ενέργειας, προσδιορίζοντας το ποσό της ενέργειας που εξοικονομείται από την εκάστοτε πρόταση, τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και το χρηματικό ποσό που εξοικονομείται.

Το κλίμα είναι στο χέρι σου

Τα παιχνίδια τελευταία εδών. Όχι όμως και τα πράγματα που μπορείς να κάνεις.

[παιξε ξανά](#)

**Το ενεργειακό σας αποτύπωμα έχει ως εξής:**

Καταναλώνετε ηλεκτρική ενέργεια:	2752.47 KWh/χρόνο
Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί στην έκλυση:	2240.51 kgCO <sub>2</sub> /χρόνο

Εκτιμάται ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που αντιστοιχούν στην μισή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά νοικοκυριό είναι 3720 kgCO<sub>2</sub>/χρόνο

Οι συνολικές σας εκπομπές*	4970.51 kgCO <sub>2</sub> /χρόνο είναι:
----------------------------	---

\* Το άθροισμα των εκπομπών από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, από την κατανάλωση πετρελαίου ή φυσικού αερίου (που προορίζονται συνήθως για θέρμανση) και από τις μετακινήσεις με αυτοκίνητο

**Τι μπορείτε να κάνετε για να πάρετε το κλίμα στα χέρια σας; Ορίστε μερικές απλές συμβουλές:**

- Αντικαταστήστε 5 από τις κοινές λάμπες των 60 W που χρησιμοποιείτε πάνω από 1,5 ώρα/ημέρα και εξοικονομήστε:
  - 134.00 KWh/χρόνο
  - 13.40 €
  - 109.08 kgCO<sub>2</sub>/χρόνο
- Εκχάστε τις κοινές συνήθειες. Κλείνετε την τηλεόραση από το κεντρικό κουμπί και μην την

Εικόνα 4.6 : α) Προσδιορισμός των συσκευών στην εφαρμογή , β) Παράθυρο Αποτελεσμάτων

Πηγή : <http://www.wwf.gr/footprint>

## 5. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στις μέρες μας, η μείωση του αντίκτυπου στο περιβάλλον από την χρήση ενέργειας, είναι επιτακτική ανάγκη και επιβάλλει αλλαγές στις ενεργειακές υποδομές και στα υπάρχοντα πρότυπα ζήτησης. Έτσι και τα κτήρια θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένα πρότυπα, ώστε να συμβάλλουν στην προσπάθεια αυτή. Οι Happenstall, Crooks et al.(2012) υποστηρίζουν ότι υπάρχει άμεση ανάγκη να αναπτυχθούν ερευνητικές προσεγγίσεις ώστε να αντιμετωπιστούν κοινωνικές μεγάλες προκλήσεις όπως η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η αλλαγή του κλίματος.

Η ανάλυση των συνθηκών του κτηρίου όπως η μορφολογία του, οι απαιτήσεις σε ενέργεια για θέρμανση κ.λπ, σε τοπικό επίπεδο θα πρέπει να παρέχει στους πολεοδόμους μια ολοκληρωτική εικόνα του κτηρίου και να οδηγεί δυναμικά στην ανακαίνισή του. Ακόμη, τα ενεργειακά συστήματα θα πρέπει να καταγράφουν τις τιμές και το είδος ενέργειας που καταναλώνει το κτήριο, όπως επίσης θα πρέπει να πραγματοποιείται και προσομοίωση των επιπτώσεων από την κατανάλωση. Η προσομοίωση αυτή απαιτεί μια χωρική αναπαράσταση του κτηρίου ενώ είναι σε θέση να παρουσιάσει τη δυναμική συμπεριφορά του σε βάθος χρόνου. Τα παραπάνω πραγματοποιούνται στα πλαίσια δημιουργίας έξυπνων πόλεων, για τις οποίες επιδιώκεται η βέλτιστη διαχείριση και αλληλεπίδραση μεταξύ των ροών των αστικών πόρων.

Κατά αυτό τον τρόπο, η έρευνα εστιάζει στον συνδυασμό των χωρικών οντοτήτων με τα ενεργειακά συστήματα και την δημιουργία ενός μοντέλου τόσο δυναμικού όσο και χωρικού. Γενικά, τα ΓΣΠ παρέχουν χωρικές βάσεις δεδομένων και επιτρέπουν την χωρική ανάλυση, ερμηνεία και απεικόνιση των δεδομένων, ενώ τα δυναμικά συστήματα παρέχουν γνώσεις που συνδέονται με την εξέλιξη του συστήματος. Οι εφαρμογές και τα πλεονεκτήματα τέτοιων μοντέλων συζητούνται ευρέως από τους Hazelton Leahy et al. 1992, και Despotakis and Giaourti, 1996. Ωστόσο, με την εξέλιξη των ΓΣΠ και την διαθεσιμότητα των 2D και 3D δεδομένων, τα 3D ΓΣΠ θεωρούνται απαραίτητα για την ενίσχυση της μοντελοποίησης, ενώ η ενσωμάτωση τεχνολογιών ΓΣΠ και δυναμικών συστημάτων επιτρέπουν την ανάπτυξη πειραματικών προτύπων μοντέλων για την προσομοίωση σύνθετων χωρικών συστημάτων που να απεικονίζουν την αστική ανάπτυξη.

Τα ενεργειακά συστήματα σήμερα αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις λόγω της βαθιάς αλλαγής που υφίσταται ο τομέας τους. Μερικά τέτοια παραδείγματα που πρέπει να αναφερθούν είναι :

- η επικοινωνία μεταξύ του κτηρίου και του υπεύθυνου συστήματος για την εξισορρόπηση του φορτίου,
- ο έλεγχος του φωτισμού, της θέρμανσης, της ψύξης, αερισμού και άλλων συστημάτων που χρησιμοποιούν ενέργεια,
- η βελτιστοποίηση στον συντονισμό των ενεργειακών φορτίων, στο χώρο παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας
- η αυτόματη ανταπόκριση στη ζήτηση για δυναμική τιμολόγηση ή τον έλεγχο των σημάτων από το δίκτυο και το αντίκτυπο στο σύστημα αστικής ενέργειας.

Τα υφιστάμενα μοντέλα ενεργειακών συστημάτων είναι συνήθως στατικά και βασίζονται σε γραμμικές προσεγγίσεις, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη δυναμική του συστήματος ή τη χωρική διάσταση. Βέβαια, με την εξέλιξη στον τομέα της

τρισεπίστατης μοντελοποίησης και το αυξανόμενο ενδιαφέρον των πόλεων για τη χρήση εργαλείων για τη διαχείριση και αποθήκευση 3D χωρικών δεδομένων έχουν δημιουργηθεί πρότυπα και χωρο-σημασιολογικά μοντέλα όπως το CityGML. Οι πρότυπες προδιαγραφές του CityGML για τα τρισεπίστατα μοντέλα πόλης συγκεντρώνουν και συνδυάζουν γεωμετρικές, τοπολογικές και σημασιολογικές πληροφορίες για τα αντικείμενα, ενεργοποιώντας διάφορες αυτοματοποιημένες αναλύσεις, ιδιαίτερα χρήσιμες για εφαρμογές που σχετίζονται με τον αστικό τομέα (Koble et al, 2012). Παλαιότερα, τα 2D χωρικά δεδομένα συνδυάζονταν ως επί το πλείστον με τα ενεργειακά συστήματα βασισμένα σε GIS εργαλεία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Ratti, Baker et al.(2005), καθώς πρότειναν μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αστικών υφών στην κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων. Ένα ακόμη παράδειγμα, είναι αυτό της Γαλλικής ερευνητικής πολεοδομικής ομάδας APUR (Atelier Parisien d' Urbanisme) που διεξήγαγε μελέτη σχετικά με τον συνδυασμό 2,5D δεδομένων κτηρίων στο GIS με ένα μοντέλο υπολογισμού ενέργειας για το κτηριακό απόθεμα του Παρισιού (APUR, 2007). Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε συγχώνευση των σημασιολογικών πληροφοριών των αρχιτεκτονικών κλάσεων των κτηρίων με τα μορφολογικά τους στοιχεία και υπολογίστηκε η τελική κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για 96.000 κτήρια στο Παρίσι. Αργότερα ο Salat (2009) συνέχισε τη μελέτη αυτή συνδυάζοντας τα αποτελέσματα με τα μορφολογικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, προσδιόρισε το αντίκτυπο των διαφόρων δεικτών του κτηρίου, όπως μορφολογία, τυπολογία, ενεργειακά συστήματα, κτλ, με την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> προκειμένου να παρέχει συστάσεις στις κατασκευές.

Αργότερα, με την ανάπτυξη των τρισεπίστατων μοντέλων πόλης και το έντονο ενδιαφέρον για τα ζητήματα ενέργειας, οι μελέτες ενσωμάτωσαν τα μοντέλα ενεργειακών συστημάτων με τα 3D μοντέλα πόλης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση όντας ευαισθητοποιημένη σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, αρκετά εξελιγμένη σε θέματα τεχνολογίας και γνώσεων και πάντα πρωτοπόρα, έχει θεσπίσει θεσμούς για την διαχείριση του ζητήματος της κατανάλωσης ενέργειας σε όλους τους τομείς τους οποίους επιβάλλει στα κράτη-μέλη. Οι θεσμοί αυτοί θα αναφερθούν στην συνέχεια ενώ θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε μελέτες που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας σε επίπεδο κτιρίου. Τέλος, θα παρουσιαστούν υφιστάμενα τρισεπίστατα μοντέλα πόλης εμπλουτισμένα με ενεργειακές πληροφορίες. Οι Carrion, Lorenz και Kolbe (2010) πρότειναν μια μέθοδο συνδυασμού των πραγματικών δεδομένων ενέργειας θέρμανσης με ένα 3D εικονικό μοντέλο πόλης. Οι Wicker, Nouvel et al.(2012) ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την εκτίμηση της ενεργειακής απαίτησης για θέρμανση των κτηρίων κατοικιών από ένα εικονικό μοντέλο πόλης. Στηριζόμενοι στο CityGML, η μορφολογία και η τοπολογία των 3D δεδομένων προσδιορίστηκαν αυτόματα προκειμένου να τονιστεί η μοντελοποίηση της ενέργειας. Οι Kruger and Kolbe (2012) ανέπτυξαν επίσης ένα τέτοιο μοντέλο για την εκτίμηση της απαίτησης για θερμική ενέργεια και το εφάρμοσαν σε ένα σημασιολογικό 3D μοντέλο πόλης βασισμένο στο CityGML για την πόλη του Βερολίνου, το μοντέλο Atlas, τα χαρακτηριστικά του οποίου θα αναλυθούν παρακάτω, όπως επίσης θα αναφερθούν και άλλα μοντέλα που ενσωματώνουν τα ενεργειακά συστήματα με 3D μοντέλα πόλης.

## 5.1 EIFER

Το EIFER (European Institute of Energy Research) δημιουργήθηκε τον Σεπτέμβριο του 2001, από τα πανεπιστήμια EDF-Electricité de France και KIT-Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καρλσρούης και αποτελεί μια έρευνα για την ενέργεια. Το EIFER απασχολεί περίπου 110 μέλη προσωπικού διαφόρων εθνικοτήτων, με διεπιστημονικές δεξιότητες, οι οποίοι σε συνεργασία με διεθνείς ερευνητικούς φορείς, στοχεύουν στην αντιμετώπιση της ενεργειακής πρόκλησης στις πόλεις, τοπικές κοινότητες και τις βιομηχανίες εστιάζοντας σε τρεις στρατηγικές προτεραιότητες :

- 1) Συμβολή στη Μηχανική Βιώσιμη Πόλη μέσω ολοκληρωμένων προσεγγίσεων, μοντέλων και εργαλείων για την πολυ-τομεακή ανάλυση των πόλεων και των εδαφών, για το στρατηγικό σχεδιασμό
- 2) Ανάπτυξη ιδεών και λύσεων Τοπικής Ενέργειας από την τεχνολογία οδικών χαρτών και την ανάλυση των πόρων προς υποστήριξη σε επιχειρησιακά σχέδια
- 3) Ανάλυση των τάσεων και Αλληλεπιδράσεων των Ενεργειακών Συστημάτων μέσω της προσομοίωσης σε διαφορετικές κλίμακες και της ευρωπαϊκής προοπτικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας μια συστημική προσέγγιση.

Όσον αφορά τις πόλεις, οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε αυτές συνεισφέρουν ως επί το πλείστον στην όξυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σήμερα, περισσότερο από το 50% του πληθυσμού της γης κατοικεί σε πόλεις (αστικοποίηση), ενώ μέχρι το 2030 αναμένεται το ποσοστό να φτάσει το 60%. Για το λόγο αυτό οι πόλεις και οι κυβερνήσεις τους θα πρέπει να οργανωθούν κατάλληλα ώστε να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις που σχετίζονται με την ενέργεια. Ακόμη, οι τοπικοί φορείς που εμπλέκονται στη χωρική ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος, των μεταφορών, στην διαχείριση των Φυσικών Πόρων, τα κτήρια και τον ενεργειακό σχεδιασμό είναι υπεύθυνοι για τη συνεισφορά στη μετάβαση σε πόλεις με χαμηλά επίπεδα άνθρακα. Το EIFER δουλεύει και δρα στον τομέα της συμπεριφοράς στην κατανάλωση ενέργειας και στο αντίκτυπο των μέτρων παρέμβασης στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η ανάλυση του αντίκτυπου των διαφόρων μέτρων, μεθόδων και εργαλείων αναπτύσσεται με την χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την χωρική ανάλυση της ενεργειακής ζήτησης, της παραγωγής και των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Πιο συγκεκριμένα, το EIFER δραστηριοποιείται στους παρακάτω τομείς με στόχο την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας στις πόλεις :

- ✓ Ανάλυση των πολιτικών και την επίδρασή τους στη μείωση της χρήσης ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- ✓ Κατανόηση της αστικής διακυβέρνησης και της αλληλεπίδρασής του με τις πολιτικές ενεργειακού σχεδιασμού, της αποτελεσματικότητας και της κλιματικής αλλαγής
- ✓ Αξιολόγηση των καινοτόμων ιδεών αστικής κινητικότητας
- ✓ Έρευνα για τον τρόπο ζωής και τη σχέση με τη συμπεριφορά στην χρήση της ενέργειας
- ✓ Ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων στην έξυπνη πόλη και βελτιστοποίηση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια με βιώσιμο τρόπο.

Τέλος, όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό στις πόλεις το EIFER έχει αναπτύξει μεθόδους και εργαλεία με στόχο :

- ✓ την εκτίμηση της τοπικής ενεργειακής ισορροπίας, καθώς και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τους διάφορους τομείς
- ✓ την αξιολόγηση μελλοντικών ενεργειακών σεναρίων για τις πόλεις και τα εδάφη
- ✓ τον εντοπισμό της ενεργειακής ζήτησης και των πιθανών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο αστικό και περιφερειακό περιβάλλον.

## 5.2 Agent-Based Models

Το Agent- Based Model (ABM) αποτελεί ένα υπολογιστικό μοντέλο για την προσομοίωση των διαδικασιών και αλληλεπιδράσεων των παραγόντων ενός συστήματος με στόχο την καταγραφή και αξιολόγηση της επιρροής στο σύνολο του συστήματος. Είναι στην ουσία ένας συνδυασμός στοιχείων πολύπλοκων συστημάτων με πολλούς παράγοντες εμφάνισης-παρουσίασης-προσομοίωσης. Τα ABM βρίσκουν εφαρμογή όχι μόνο σε τεχνολογικούς τομείς αλλά και σε τομείς όπως η βιολογία, η οικολογία και οι κοινωνικές επιστήμες.

Η μοντελοποίηση με ABM σχετίζεται με την έννοια της προσομοίωσης πολλαπλών παραγόντων αλλά διαφέρει στο γεγονός ότι το ABM εντοπίζει τα αίτια της συλλογικής συμπεριφοράς των παραγόντων υπακούοντας σε απλούς νόμους. Πιο συγκεκριμένα, τα ABM αποτελούν μοντέλα μικροκλίμακας που προσομοιώνουν ταυτόχρονες λειτουργίες και αλληλεπιδράσεις πολλαπλών παραγόντων στην προσπάθεια να δημιουργήσουν και προβλέψουν σύνθετα φαινόμενα. Τα ABM υλοποιούν τις προσομοιώσεις σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή, είτε μέσω ενός πρότυπου λογισμικού είτε με την χρήση των ABM εργαλείων και το λογισμικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει τον τρόπο με τον οποίο οι αλλαγές σε έναν παράγοντα θα επηρεάζουν τη συνολική συμπεριφορά του συστήματος.

### 5.2.1 ABM στον Τομέα της Ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα μοντέλα ABM χρησιμοποιούνται για την ανάλυση συστημάτων σε διάφορους τομείς. Ένας από τους τομείς αυτούς που χρησιμοποιείται κατά κόρον τα τελευταία χρόνια είναι τα ενεργειακά συστήματα. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση των ενεργειακών συστημάτων επηρεάζεται κυρίως από την αλλαγή προτύπων στον τομέα της ενέργειας, που υποδηλώνει τη τάση προς ένα πιο καταναμημένο σύστημα. Η τάση αυτή επηρεάζει τόσο την παραγωγή όσο τη ζήτηση. Ιδιαίτερα σε πόλεις με υψηλή συχνότητα ισχύος, ανηγμένες τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση των μεταφορών και κατανομή των απωλειών και να επιτρέψουν τη λιγότερη συμφόρηση του δικτύου λόγω του γεγονότος ότι η ενέργεια καταναλώνεται εκεί όπου παράγεται. Σε συνδυασμό με τις νέες Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών που προσαρμόζονται στον τομέα της ενέργειας, αναπτύχθηκαν συστήματα διαχείρισης σε επίπεδο διανομής, το γνωστό ως Smart Grid, το οποίο απαιτεί νέες προσεγγίσεις μοντελοποίησης και προσομοίωσης.

Τα εργαλεία του Agent-Based-Models (ABM) είναι σε θέση να συμπεριλάβουν πολύπλοκες συμπεριφορές του συστήματος, όπως επιθυμητές ή ανεπιθύμητες,

εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα, επικοινωνίες εντός του συστήματος. Ειδικότερα, οι τοπικές επιδράσεις των απλών μονάδων που συνιστούν το σύστημα μπορεί να είναι πρότυπα και τα αποτελέσματα τους να αναλυθούν σε επίπεδο συστήματος (Wooldridge, 2009). Μοντέλα που χρησιμοποιούν το πρότυπο των Agent-Based-Models είναι ότι πιο εξελιγμένο στην μοντελοποίηση των ενεργειακών συστημάτων.

Οι παράγοντες του ABM ορίζονται από τοπικές πληροφορίες, και ακόμη κι αν μοντελοποιηθούν με τον ίδιο τρόπο και με τους ίδιους στόχους, η απόφαση που λαμβάνεται κατά τη δημιουργία του μοντέλου, μπορεί να τους διαφοροποιήσει μεταξύ τους. Αυτό το γεγονός, κάνει το μοντέλο αυτό να διαφέρει από τα παραδοσιακά μοντέλα, όπου διαφορετικά αντικείμενα μοιράζονται συνήθως τα ίδια δεδομένα εισόδου. Επιπλέον, το κύριο χαρακτηριστικό των μοντέλων προσομοίωσης των ενεργειακών συστημάτων, είναι ότι είναι δυναμικά, δηλαδή αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Κάθε παράγοντας είναι σε θέση να αλλάξει την εσωτερική του κατάσταση σύμφωνα με τις ανάγκες του και τις προοπτικές του. Ακόμη, το περιβάλλον δεν είναι στατικό, καθώς τόσο η αλλαγή των μετεωρολογικών μεταβλητών όσο η αλλαγή στην ανθρώπινη συμπεριφορά είναι μόνο μερικά παραδείγματα που υποδεικνύουν την μεταβλητότητα των παραγόντων. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εξασφαλίζει την ισορροπία της παραγωγής και της ζήτησης για κάθε χρονική στιγμή και για το λόγο αυτό απαιτείται μια συνεχής προσαρμογή. Αυτή η διαδικασία μπορεί να μοντελοποιηθεί μόνο σε επαρκές επίπεδο λεπτομέρειας χρησιμοποιώντας μοντέλα προσομοίωσης, τα οποία δίνουν την ικανότητα να εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Ένα τέτοιο μοντέλο προσομοίωσης αποτελεί στην ουσία ένα τρισδιάστατο χωρικό μοντέλο στο οποίο προστίθεται μια ακόμη τέταρτη διάσταση αυτή του χρόνου.

Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο για την Έρευνα της Ενέργειας (EIFER) παρουσίασε στην όγδοη Συνεδρίαση των Τρισδιάστατων Γεωπληροφοριών (8th 3DGeoInfo Conference) που διεξήχθη στην Κωνσταντινούπολη το 2013, μια μελέτη όπου εξετάζονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την δημιουργία τρισδιάστατων ενεργειακών μοντέλων πόλης. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε από τους J.-M. Bahu, A. Koch, E. Kremers, S.M. Murshed και στηρίζεται στην μοντελοποίηση μέσω ABM. Στην πρώτη προσέγγιση, τα ενεργειακά συστήματα εμπλουτίζονται με δεδομένα από 3D μοντέλα πόλης, ενώ στη δεύτερη τα 3D μοντέλα πόλης επωφελούνται από τα λεπτομερή ενεργειακά συστήματα. Η μεθοδολογία καθώς και παραδείγματα εφαρμογών από κάθε προσέγγιση παρουσιάζονται στη συνέχεια.

### 5.2.2 Πρώτη Προσέγγιση ABM

Το μοντέλο ABM εφαρμόστηκε για την μοντελοποίηση σε δείγμα 5x5km για το 8<sup>ο</sup> διαμέρισμα της Λυών στη Γαλλία, με στόχο την ενεργειακή μελέτη του κτιριακού του αποθέματος. Για το σκοπό αυτό συγκεντρώθηκαν αρχικά περίπου 40.000 κτήρια σε επίπεδο λεπτομέρειας LoD2, τα οποία διαχειρίζονται και αποθηκεύονται σε μια γεωβάση (GeoDatabase) υποστηριζόμενη από τα λογισμικά ArcGIS (ESRI) και FME (Safe Software). Στην αρχή, τα δεδομένα αυτά επικαλύπτονταν με τα δεδομένα του κτηματολογίου, ενώ στη συνέχεια ξαναπροσδιορίστηκαν σε επίπεδο λεπτομέρειας LoD1 προκειμένου να αποφευχθούν διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με ετερογενείς χαρακτηριστικά του κτηρίου ή την 3D τοπολογία. Διαδοχικές επιλογές (ανάλογα με τη λειτουργία του κτηρίου, το ελάχιστο ύψος και το αποτύπωμά του) οδήγησαν σε ένα τελικό δείγμα 17.000 κτηρίων κατοικίας σε LoD1, τα οποία



ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με το είδος τους (μονοκατοικίες- πολυκατοικίες) και το έτος κατασκευής τους.

Αρχικά, αφού συλλέχθηκαν και τα σημασιολογικά δεδομένα των κτηρίων ώστε να εμπλουτίσουν το 3D μοντέλο της πόλης με πληροφορίες όπως η λειτουργία του κτηρίου, η ηλικία, κτλ, αναπτύχθηκε η μορφολογική ανάλυση του κάθε κτηρίου μέσω αστικών εργαλείων ανάλυσης, που μέσω αυτών επιτρέπεται στο μοντέλο να λάβει υπόψη την επίδραση του αστικού περιβάλλοντος (κατασκευή, μορφολογία, τοπολογία, προσόψεις, σκίαση) στα κτήρια. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση της ζήτησης για θέρμανση, που είχε ως στόχο να περιγράψει την ισορροπία μεταξύ των απωλειών ενέργειας (μέσω της μετάδοσης και εξαερισμού) και των κερδών ενέργειας (ηλιακά και εσωτερικά κέρδη). Μια τέτοια μελέτη, απαιτεί μοντελοποίηση με αρκετά συγκεκριμένα δεδομένα σχετικά με το κτήριο, τη δομή του και την αποτελεσματικότητά του. Όμως η προσβασιμότητα αυτών δεδομένων σε κλίμακα κτηρίου, δεν είναι εύκολη και για αυτό τα λόγω χρησιμοποιήθηκαν αρχέτυπα και παραδοχές.

Αρχικά, δημιουργήθηκε μια λεπτομερής τοπική θερμική τυπολογία κτηρίου, όπου περιγράφονταν οι δομικές ιδιότητες των κατηγοριών κτηρίων (U-τιμές, τζάμια ρυθμού, εξαερισμού, κ.λπ.) στηριζόμενοι στην βιβλιογραφία και στην κρίση εμπειρογνομόνων (Pouget, 2011). Με βάση τη τυπολογία αυτή, τα 3D κτήρια της μελέτης κατατάχθηκαν, τα ηλιακά κέρδη τους υπολογίστηκαν μέσω ετήσιας προσομοίωσης GIS και η ζήτηση της θερμικής ενέργειας υπολογίστηκε μηνιαίως μέσω αντικειμενοστραφούς προσομοίωσης με βάση το επίσημο ISO NF 13790 (2004). Τέλος, η ζήτηση της θερμικής ενέργειας των 17.000 κτηρίων κατοικιών υπολογίστηκε για την περίοδο ενός χρόνου και εξετάστηκαν 2 σενάρια προκειμένου να ληφθεί υπόψη η κατάσταση ανακαίνισης των κτηρίων. Το Σενάριο A "κατάσταση κατασκευής", όπου όλα τα κτήρια θεωρούνται ως μη ανακαινισμένα και το Σενάριο B "όλα ανακαινισμένα", όπου όλα τα κτήρια θεωρούνται ανακαινισμένα (τοίχοι και παράθυρα, δάπεδο και οροφή) επηρεάζοντας τις θερμικές παραμέτρους (τιμές U και θερμικής γέφυρες) με τυπικές τιμές από τη βιβλιογραφία (Institut Wohnen und Umwelt, 2003 Pouget, 2011).



Εικόνα 5.1 : Απεικόνιση της ζήτησης της θερμικής ενέργειας των κτηρίων κατοικιών για το Σενάριο A

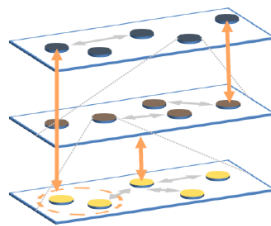
Πηγή : Bahu et.al(2013)

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο σεναρίων, παρατηρήθηκε ότι η ζήτηση για θερμική ενέργεια στο Σενάριο A είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή στο Σενάριο B και

συγκεκριμένα ότι η ανακαίνιση προκαλεί μείωση της τάξης του 70% στην ζήτηση θερμικής ενέργειας για αυτά τα 17.000 κτήρια κατοικίας. Το πλήθος των 17.000 κατοικιών θεωρείται ένα αρκετά αντιπροσωπευτικό δείγμα για το επίπεδο αστικής κλίμακας και η μοντελοποίηση είναι επίσης καλά προσαρμοσμένη στις ιδιαιτερότητες της πόλης, ενώ στερείται από πραγματικά μετρημένα στοιχεία της κατανάλωσης ενέργειας σε τέτοια μεγάλη κλίμακα. Παρόλα αυτά, παλαιότερες μετρήσεις που είχαν πραγματοποιηθεί σε κάποια από τα επιλεγμένα κτήρια για την κατανάλωση ενέργειας έδειξαν ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών της ενέργειας είναι αποδεκτά. Συμπερασματικά, ο συνδυασμός των χωρικών δεδομένων με την ενεργειακή μοντελοποίηση σε ένα μεγάλο δείγμα δεδομένων, ωφελεί τον αστικό προγραμματισμό της ενέργειας για τις πόλεις με τρισδιάστατα σημασιολογικά μοντέλα πόλης.

### 5.2.3 Δεύτερη Προσέγγιση ABM

Στα πλαίσια της έξυπνης πόλης, διαφορετικές μελέτες διαμορφώθηκαν στο EIFER χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση πολύπλοκων συστημάτων, στην οποία τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος αναπαριστώνται και μπορούν να αλληλεπιδράσουν (ABM). Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την προσομοίωση του συστήματος σε μια εικονική αναπαράσταση, όπου οι μετρήσεις στο σύστημα μπορούν να πραγματοποιηθούν ουσιαστικά για ένα πραγματικό σύστημα. Λόγω της αναλυτικής αυτής προσέγγισης, αυτά τα μοντέλα μπορούν να αναπαρασταθούν χωρικά (γεωεντοπισμός) και να επωφεληθούν από ένα 3D χωρικό περιβάλλον. Επιπλέον, αυτή η αναλυτική αναπαράσταση του συστήματος επιτρέπει την αναπαράσταση σε διάφορες κλίμακες (εικόνα 5.2), τόσο από τοπολογική όσο και από δομική πλευρά (όπως το επίπεδο τάσης ή η τοπολογία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας) και από διαφορετικές χωρικές κλίμακες (κτήριο, περιοχή, αστική περιοχή, κ.λπ.). Τρέχοντα μοντέλα λαμβάνουν υπόψη συνήθως μόνο αλληλεπιδράσεις μεταξύ στοιχείων ίδιας κλίμακας. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, είναι σε θέση να περιλαμβάνουν αλληλεπιδράσεις από διαφορετικές κλίμακες, οι οποίες μπορεί να αντιπροσωπεύουν δυναμικές επιδράσεις στο σύστημα, όπως είναι τα συστήματα ανατροφοδότησης, περνώντας σε διαφορετικές κλίμακες.



Εικόνα 5.2 : Μοντέλο πολλαπλών κλιμάκων με διασταυρούμενες κλίμακες αλληλεπιδράσεων.

Πηγή : Bahu et.al(2013)

Στην παραπάνω εικόνα, με γκρί χρώμα παρουσιάζονται οι οντότητες στο ίδιο επίπεδο, ενώ με πορτοκαλί αυτές μεταξύ των διαφόρων επιπέδων και μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Η βασική προϋπόθεση για τα ABM είναι τα λεπτομερή στοιχεία. Τα μοντέλα αυτά αντιπροσωπεύουν υψηλή ανάλυση η οποία, σε αντίθεση με 3D εφαρμογές GIS, δεν είναι τυπική στον τομέα της μοντελοποίησης ενεργειακών συστημάτων.

Χρησιμοποιώντας 3D ως βάση για ABM ενεργειακών συστημάτων, επιτρέπεται η παραμετροποίηση των διαφορετικών παραγόντων με τις τοπικές πληροφορίες τους, σύμφωνα με το διαθέσιμα δεδομένα. Τα 3D δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της απόδοσης των απλών τεχνικών μοντέλων μέσω των παραγόντων, όπως για παράδειγμα τα κτήρια, τα οποία μπορούν να κάνουν χρήση των γεωμετρικών και περιβαλλοντικών δεδομένων.

#### 5.2.4 Ροή Διαδικασιών Δημιουργίας ABM Ολοκληρωμένων Ενεργειακών Συστημάτων

Αρχικά αναπτύσσεται ένα απλοποιημένο μοντέλο για την θερμική συμπεριφορά ενός κτηρίου, το οποίο υπολογίζει την θερμοκρασία στη λειτουργία των θερμικών κερδών που εισέρχονται ή εξέρχονται από το κτήριο. Μέσα στο κτήριο, υπάρχει ένα ηλεκτρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο ελέγχει τη θερμοκρασία και τη διατηρεί σε μια επιθυμητή τιμή. Το ηλεκτρικό μοντέλο θέρμανσης παράγει ηλεκτρική κατανάλωση, η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καμπύλης φορτίου του. Αυτό το απλοποιημένο μοντέλο θερμικής συμπεριφορά μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα παράγοντα δόμησης, και να αναπαραχθεί για κάθε κτήριο μιας αστικής ζώνης.

Σε πρώτο στάδιο, στην ανάλυση των τεχνικών περιορισμών, δεν χρειάζεται εντόπιση στο χώρο, και δεν λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές τοπολογίες δικτύου. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή είναι το Anylogic, η οποία αποτελεί μια προσομοίωση περιβάλλοντος πολλαπλών χρήσεων επιτρέποντας τις διάφορες μεθόδους προσομοίωσης. Στη συνέχεια, ο παράγοντας αυτός παραμετροποιείται χρησιμοποιώντας την τοπική πληροφορία από το 3D μοντέλο, λαμβάνοντας τον όγκο, το σχήμα, τον προσανατολισμό ή τον τύπο του κτηρίου. Σε αυτή την περίπτωση, έχουμε το ίδιο μοντέλο ενέργειας για κάθε κτήριο, που όμως υλοποιείται μαζικά ώστε να γίνει αναπαραγωγή για τις διαφορετικές τοπικές ομάδες παραμέτρων για κάθε κτήριο. Επιπλέον, οι θερμικές ανταλλαγές μεταξύ γειτονικών κτηρίων μπορούν να συμπεριληφθούν, αντιπροσωπεύοντας ένα εξαιρετικά πολύπλοκο σύστημα αλληλεπιδράσεων.

Όταν μοντελοποιηθεί το σύστημα με αυτόν τον τρόπο, διαφορετικές τεχνολογίες θέρμανσης μπορούν να προστεθούν ως παράγοντες που δρουν με τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτηρίου. Επιπλέον, μπορούν να συνδέονται μέσω αντίστοιχων φορέων δικτύου (γραμμές μεταφοράς ενέργειας, δίκτυα θέρμανσης του δικτύου του φορέα τους, κ.λπ.), τα οποία προσδιορίζονται χωρικά μέσα από 3D μοντέλα.

Ένα παράδειγμα τέτοιας προσέγγισης είναι η μελέτη MILLENER. Στη μελέτη MILLENER, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο για την προσομοίωση μεγάλης κλίμακας του ενεργειακού συστήματος, που επιτρέπει την προσομοίωση της ηλεκτρικής συμπεριφοράς περισσότερων από 100.000 κτηρίων. Το μοντέλο παίρνει ιστορικά στοιχεία κατανάλωσης σε συγκεντρωτικό επίπεδο ως δεδομένα εισόδου. Η κατανάλωση αυτή αναλύεται με τη χρήση των τοπικών παραμέτρων στο επίπεδο του κτηρίου. Κάθε κτήριο περιλαμβάνει ενιαία μοντέλα για τις διάφορες συσκευές, όπως κλιματισμό ή θέρμανση, οι οποίες συσκευές τροποποιούν την ατομική καμπύλη

φορτίου, με βάση τη συμπεριφορά τους. Αυτό το αναλυτικό σύστημα μπορεί να διαχειριστεί με διαφορετικές στρατηγικές, και το μοντέλο επιτρέπει την εξαγωγή των αποτελεσμάτων των στρατηγικών σε πολλαπλά επίπεδα και με διάφορες συγκεντρωτικές μεθόδους, όπως επίσης, επιτρέπει την εξαγωγή περιφερειακών αξιολογήσεων διοικητικών ζωνών. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε σε TAFAT (Enora, Kremers et al., 2012), ένα εργαλείο που επιτρέπει τη μαζική προσομοίωση βάσει παραγόντων.

### 5.2.5 Συμπεράσματα

Ο συνδυασμός των 3D χωρικών δεδομένων με τα μοντέλα του ενεργειακού συστήματος συνεπάγεται αμοιβαία οφέλη. Οι Crooks, Hudson-Smith et al. (2010) περιγράφουν ότι τα ABM που αναπτύσσονται σε 3D περιβάλλον, δίνουν την αίσθηση ότι οι παράγοντες είναι σε 2D. Τα 3D μοντέλα πόλης μπορούν να συμβάλλουν όχι μόνο με την χρήση 3D χωρικών δεδομένων στην διαχείριση των ενεργειακών συστημάτων της πόλης, αλλά επιτρέποντας επίσης, την ανάλυση και την απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Η αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς των υπολογιστών σε συνδυασμό με τα 3D μοντέλα πόλης και τα ABM επιτρέπουν την μοντελοποίηση ενός συστήματος ενέργειας για την ολοκληρωτή την πόλη.

Μερικά εργαλεία μοντελοποίησης ABM μπορούν να διαχειριστούν τόσο τα 2D και όσο και τα 3D δεδομένα. Από την άλλη πλευρά, τα λογισμικά GIS, όπως το ArcGIS της ESRI, αυτή τη στιγμή αναπτύσσουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την ενσωμάτωση των ABM σε αυτά. Στην ουσία δεν υπάρχει κανένα μοντέλο που να εστιάζει άμεσα σε θέματα ενέργειας και 3D GIS, αλλά παρόλα αυτά πολλά μοντέλα δείχνουν τη σκοπιμότητα της προσέγγισης και το ενδιαφέρον σε τομείς όπως οι μεταφορές, logistics, κλπ. Επιπλέον, σε ορισμένα ABM ενεργειακών συστημάτων, δεδομένα GIS και 2D GIS χρησιμοποιούνται ήδη ως δεδομένα εισόδου και τα εργαλεία τους στον τομέα αυτόν επιτρέπουν ήδη την ενσωμάτωση των 2D GIS (Crooks and Castle, to 2012).

Η τάση διαχωρισμού, τόσο ως προς την εκπροσώπηση των δεδομένων των GIS και ειδικότερα των αστικών συστημάτων, καθώς επίσης και στην μοντελοποίηση στον τομέα της μηχανικής για την αντιμετώπιση των ολοένα και πιο πολύπλοκων συστημάτων υποδεικνύει την ενσωμάτωση των δεδομένων σε ένα υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας. Κατά αυτόν τον τρόπο, τα εικονικά 3D μοντέλα πόλης είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την μοντελοποίηση κατανεμημένων συστημάτων ενέργειας.

Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωση ενός ABM με ένα 3D μοντέλου πόλης δημιουργεί διάφορα προβλήματα όπως η διαχείριση των δεδομένων, η διαλειτουργικότητα και η διασύνδεση. Τα 3D μοντέλα πόλης περιλαμβάνουν γεω-εντοπισμένα σημασιολογικά δεδομένα της πόλης. Χαρακτηριστικά όπως η ηλικία και η λειτουργία της κατασκευής αποθηκεύονται στα χαρακτηριστικά των 3D κτηρίων, ώστε να βοηθήσουν σε περαιτέρω αναλύσεις, να εμπλουτίσουν τις πληροφορίες και να προσαρμοστούν στις ιδιαίτερες ανάγκες. Τα 3D σημασιολογικά μοντέλα πόλης επιτρέπουν την τροφοδότηση των ενεργειακών μοντέλων, τα οποία συχνά απαιτούν μεγάλη ποσότητα δεδομένων που προέρχονται από διάφορους τομείς.

Τα 3D μοντέλα πόλης σήμερα συνδυάζουν όλο και πιο αποτελεσματικά τα γεω-δεδομένα, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που συνδέονται με τη διαχείρισή τους. Τα 3D μοντέλα πόλης παρέχουν ένα αποτελεσματικό περιβάλλον για τους χρήστες δίνοντας τους τη δυνατότητα να απεικονίσουν, αναλύσουν, τροποποιήσουν και τελικά να εμπλουτίσουν τα δεδομένα τους. Η υψηλή ανάλυση, η προσαρμογή σε διαφορετικά LoDs, η ευελιξία και η πρόσβαση στα δεδομένα με τη χρήση καινοτόμων διαδραστικών τεχνολογιών παρέχουν αποτελεσματική αναπαράσταση για τον χρήστη. Συνοψίζοντας, τα 3D μοντέλα πόλης μπορούν να επωφεληθούν από πιο λεπτομερή μοντέλα συστημάτων ενέργειας, αναπαριστώντας δυναμικά φαινόμενα και υψηλής ανάλυσης μοντέλα. Υπάρχουν αρκετές στρατηγικές μοντελοποίησης για την ενσωμάτωση των προσεγγίσεων στον αστικό χωροταξικό και ενεργειακό σχεδιασμό, τόσο σε εννοιολογικό, όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα μερικά θέματα που απαιτούν περαιτέρω έρευνα από διαφορετικές ομάδες εμπειρογνομόνων (Γεωγράφοι, μηχανικοί, πολεοδόμοι, κλπ) ώστε να αντιμετωπιστούν. Αυτή η διεπιστημονική ανταλλαγή απόψεων θα εξασφαλίσει μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση του θέματος.

### 5.3 EeB(Energy efficient Building)

Το EeB Energy efficient Building αποτελεί μια συνεργασία μεταξύ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του ιδιωτικού τομέα, όπως αντιπροσωπεύονται από το Energy Efficient Buildings Association (E2BA), μια πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Κατασκευαστικής Τεχνολογικής πλατφόρμας. Ο πολυετής EeB οδικός χάρτης είναι το έγγραφο που περιέχει την έρευνα και τις προτεραιότητες του ιδιωτικού τομέα, οι οποίες είναι απαραίτητα στοιχεία για το σχεδιασμό ερευνητικών προγραμμάτων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Για την ύπαρξη διαφάνειας, αυτή η εταιρική σχέση βασίζεται σε συμβατική συμφωνία μεταξύ της Επιτροπής και των βιομηχανικών εταιρών, για τον καθορισμό των στόχων, των δεσμεύσεων, των βασικών δεικτών απόδοσης και των αποτελεσμάτων.

Οι στόχοι διεξαγωγής του EeB είναι οι εξής:

- η δημιουργία και ενσωμάτωση τεχνολογιών και λύσεων που θα οδηγήσουν στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με βάση τους στόχους 2020
- η μετατροπή της οικοδομικής βιομηχανίας σε μια βιώσιμη επιχείρηση, με υψηλότερη παραγωγικότητα και πιο εξειδικευμένους υπαλλήλους
- η ανάπτυξη καινοτόμων και έξυπνων συστημικών προσεγγίσεων για τα πράσινα κτήρια και τις συνοικίες, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της βιομηχανίας κατασκευών της ΕΕ.

Αντίστοιχα, οι ποσοτικοί στόχοι του προγράμματος EeB αφορούν την αύξηση των ιδιωτικών επενδύσεων στον τομέα της έρευνας & καινοτομίας έως 3% επί του κύκλου εργασιών, τη δημιουργία 10 νέων τύπων θέσεων υψηλής ειδίκευσης εργασίας, την ανάπτυξη της τεχνολογίας για τη μείωση της ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 50% και κατά 80% αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2010 και την παρουσίαση τουλάχιστον 100 κτηρίων και περιοχών, οι οποίες

αναμένεται να ανακαινιστούν και να παρακολουθηθούν προκειμένου να μειωθεί έως και το 75% της χρήσης ενέργειας.

Όσον αφορά τον προϋπολογισμό του προγράμματος, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει διαθέσει ένα ενδεικτικό χρηματοδοτικό κονδύλι ύψους 600 εκατομμυρίων ευρώ για τις δραστηριότητες και καινοτομίες του EeB για την περίοδο 2014-2020. Οι τελικές συνεισφορές στον προϋπολογισμό θα καθοριστούν μετά το χρονικό ορίζοντα του προγράμματος. Ο ιδιωτικός τομέας έχει δεσμευτεί να συμμετέχει επενδύοντας κεφάλαια στην έρευνα και την καινοτομία ειδικά για τον τομέα της εταιρικής σχέσης εντός του χρονικού ορίζοντα 2020 του προγράμματος. Μέχρι σήμερα, έχουν χρηματοδοτηθεί 105 ερευνητικά έργα, τα περισσότερα των οποίων βρίσκονται υπό εξέλιξη, με την δημόσια χρηματοδότηση να ανέρχεται στο συνολικό ποσό των 546.000.000 ευρώ. Στην συνέχεια, παρουσιάζεται εκτενώς το ερευνητικό πρόγραμμα STREAMER, που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του EeB για την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας στα νοσοκομειακά συγκροτήματα.

### 5.3.1 STREAMER

Τα κτήρια υγειονομικής περίθαλψης διαδραματίζουν βασικό παράγοντα για μια βιώσιμη κοινότητα, παρόλα αυτά τα επίπεδα χρήσης ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι τα υψηλότερα όλων των τύπων κτηρίων. Ένα νοσοκομείο χρησιμοποιεί 2,5 φορές περισσότερη ενέργεια από ένα μέσο γραφείο. Στην ΕΕ υπάρχουν περίπου 15.000 νοσοκομεία που ευθύνονται για τουλάχιστον 5% των ετήσιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της ΕΕ (~ 250 εκατομμύρια τόνοι). Έτσι προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του EeB, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα και διαχείριση για τα νοσοκομειακά συγκροτήματα.

Το STREAMER αποτελεί μια συνεργατική έρευνα ΕΕ FP7, η οποία περιλαμβάνει μια μεγάλη κοινοπραξία από βιομηχανικούς εταίρους και ερευνητικά ιδρύματα. Η έρευνα αυτή υποστηρίζεται από πραγματικές μελέτες περιπτώσεων μικτής χρήσης συνοικιών υγειονομικής περίθαλψης σε τέσσερις διαφορετικές χώρες της ΕΕ. Μια συνοίκια υγειονομικής περίθαλψης είναι ένα παράδειγμα μιας γειτονιάς ή περιοχής με ένα ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα, το οποίο αποτελείται από διάφορα κτήρια όπως νοσοκομεία, κλινικές, ερευνητικά και εκπαιδευτικά κτήρια, σπίτια για προσωρινή φροντίδα, αθλητικές εγκαταστάσεις, γραφεία, λιανικό εμπόριο, κτήρια για την διοικητική μέριμνα των κτηρίων και την διαχείριση των εγκαταστάσεων. Σχεδόν σε κάθε ευρωπαϊκή πόλη, υπάρχει ένα τουλάχιστον συγκρότημα υγειονομικής περίθαλψης που καταναλώνει σημαντική ποσότητα ενέργειας, επιβαρύνοντας την ενεργειακή απόδοση και το περιβάλλον της πόλης.

Το STREAMER εισάγει την ενσωμάτωση του σημασιολογικού μοντέλου BIM (Building Information Model) και των ΓΠΣ. Πιο συγκεκριμένα, τα κτήρια, η διαδικασία και η γνώση μοντελοποίησης των αποδοτικών ενεργειακών κτηρίων και γειτονιών υποστηρίζονται πλήρως από το διαλειτουργικό BIM και GIS σε ένα Σημασιολογικό Web περιβάλλον. Το STREAMER επιτρέπει την συλλογή ανοικτών πληροφοριών, ανταλλαγή, σύγκριση και αποθήκευση στοιχείων σχετικών με το κτήριο για το σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων σε περιοχές υγειονομικής περίθαλψης. Για τα συγκροτήματα υγειονομικής περίθαλψης η συνδεσιμότητα μεταξύ BIM και GIS έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς κανένα κτήριο δεν είναι

ανεξάρτητο από το άλλο. Μέχρι σήμερα, η διαλειτουργικότητα μεταξύ των μοντέλων είναι περιορισμένη, καθώς κάθε μοντέλο έχει δημιουργηθεί για συγκεκριμένο σκοπό. Το STREAMER αντιμετωπίζει αυτή την πρόκληση, χρησιμοποιώντας το βέλτιστο μοντέλο για κάθε διεργασία του κύκλου ζωής λαμβάνοντας υπόψη και εξετάζοντας τις σχέσεις μεταξύ των τομέων.

### 5.3.1.1 Μεθοδολογία STREAMER

Το πρόγραμμα STREAMER βασίζεται σε μια στρατηγική για ένα τετραετές μεγάλης κλίμακας συνεργατικό έργο, το οποίο ενσωματώνει δύο τομείς καινοτομίας και 4 βήματα προόδου. Οι δύο τομείς καινοτομίας είναι το πρόγραμμα EeB που ασχολείται με τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και ο σημασιολογικός σχεδιασμός για την αντιμετώπιση νέων μεθοδολογιών και εργαλείων για να οδηγήσει τους πελάτες, ομάδες σχεδιασμού, διαχειριστές κτηρίων και κατοίκων σε μια αποτελεσματική συνεργασία σχεδιασμού. Αντίστοιχα, τα τέσσερα προοδευτικά βήματα, είναι 1) η συλλογή, 2) η διαμόρφωση, 3) η βελτιστοποίηση και 4) η γενίκευση.

Η κοινοπραξία του STREAMER αποτελείται από 20 εταίρους, συμπεριλαμβανομένων εταιρειών μελέτης και κατασκευής, ιδρυμάτων φροντίδας υγείας, ερευνητικών οργανισμών και δημόσιων φορέων. Οι εταίροι της κοινοπραξίας αντιπροσωπεύουν τους πέντε βασικούς τομείς των επαγγελματιών, της έρευνας και ανάπτυξης και της δημόσιας τάξης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη, βελτιστοποίηση, επικύρωση και εφαρμογή νέων μεθοδολογιών για τον ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος STREAMER θα επικυρωθούν μέσω της έρευνας στη φάση σχεδιασμού νέων κτηρίων και την ανακαίνιση 4 περιοχών υγειονομικής περίθαλψης σε διαφορετικές χώρες τις ΕΕ. Και οι τέσσερις περιπτώσεις αποτελούν συγκροτήματα υγειονομικής περίθαλψης μεγάλης κλίμακας και μικτών χρήσεων καθώς συμπεριλαμβάνουν γραφεία και άλλα κτήρια, ενώ σε τρεις περιπτώσεις (NL, IT, FR) τα νοσοκομεία συνδυάζονται με πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις. Τα συγκροτήματα υγειονομικής περίθαλψης που μελετήθηκαν είναι τα εξής:

- το NHS στο Ρόδερχαμ του Ηνωμένου Βασιλείου
- το Rijnstate Ziekenhuis στο Arnhem της Ολλανδίας
- το AOUC στην Φλωρεντία της Ιταλίας
- το AP-HP στο Παρίσι της Γαλλίας

#### *NHS, Ρόδερχαμ, Ηνωμένο Βασίλειο*

Το NHS Rotherham είναι μια νοσοκομειακή μονάδα με χωρητικότητα 500 κλινών που χωροθετείται στο βόρειο τμήμα της Αγγλίας. Το μέγεθος του κεντρικού κτηρίου του νοσοκομείου είναι περίπου 67.000 m<sup>2</sup> με θερμαινόμενο όγκο περίπου 179.000 m<sup>3</sup>. Το όλο Σύστημα Διαχείρισης Κτηρίων (Building Management System) έχει ανάγκη από μια σημαντική αναβάθμιση και αυτή θα είναι η προτεραιότητα στο σχέδιο ανακαίνισης της περιοχής. Τυχόν βελτιώσεις στο BMS δεν θα είναι εξίσου αποτελεσματικές όσο η εφαρμογή μιας ενιαίας στρατηγικής που θα επιτρέψει τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση των διατιθέμενων χώρων και τη μείωση του κόστους διαχείρισης και συντήρησης κτηρίων.





Εικόνα 5.3 : Νοσοκομειακό συγκρότημα του NHS Ρόδερχαμ, Ηνωμένο Βασίλειο

Πηγή: NHS Ρόδερχαμ

Το Rotherham NHS Foundation Trust (TRFT) συμμετέχει στο πρόγραμμα διαχείρισης NHS Carbon Management Programme σε συνεργασία με την Carbon Trust. Παράχθηκε ένα πενταετές Σχέδιο Διαχείρισης Άνθρακα (ΔΕΑ) όπου εντοπίστηκαν περιοχές σπατάλης, στις οποίες και απευθύνεται, θέτοντας τον στόχο για μείωση κατά 30% των εκπομπών άνθρακα κατά τη διάρκεια του σχεδίου.

*Rijnstate Ziekenhuis, Arnhem, Ολλανδία*

Η περιοχή της υγειονομικής περίθαλψης Rijnstate βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Arnhem, της Ολλανδίας. Είναι ένα συγκρότημα μεγάλης κλίμακας 72.000 m<sup>2</sup> το οποίο αποτελείται επίσης από εκπαιδευτικά κτήρια, σε συνδυασμό με το Πανεπιστήμιο Radboud Nijmegen και από κτήρια φροντίδας για ηλικιωμένους.



Εικόνα 5.4 : Νοσοκομειακό συγκρότημα του Rijnstate Arnhem

Πηγή: Rijnstate

Σήμερα το Rijnstate ετοιμάζει 10.000 m<sup>2</sup> μεγάλης κλίμακας σχέδιο επέκτασης, στοχεύοντας να προσθέσει αρκετά νέα κτήρια, να βελτιώσει το δημόσιο χώρο για τους επισκέπτες, τους νοσηλεύόμενους και τους εργαζόμενους. Το σχέδιο αυτό θα συνδυαστεί με την ανακαίνιση που προβλέπεται για το 2016 για την αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος ενέργειας από ένα σύγχρονο πράσινο σύστημα με ελάχιστες ή μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>. Με βάση το νέο ολοκληρωμένο Ρυθμιστικό Σχέδιο έχουν προταθεί 5 σενάρια σχεδιασμού για επέκταση και ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, τα οποία θα αξιολογηθούν με βάση το Συνολικό Κόστος Ιδιοκτησίας (TCO) και τη συμβολή τους στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Στο αρχικό στάδιο σχεδιασμού θα χρησιμοποιηθούν BIM και GIS για την ανάλυση των σεναρίων και την χαρτογράφηση του αποτυπώματος CO<sub>2</sub> στην περιοχή της υγειονομικής περίθαλψης πριν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.



*AOUC, Φλωρεντία, Ιταλία*

Το Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Careggi (AOC) χωροθετείται στο αστικό σύστημα της Φλωρεντίας, καλύπτει έκταση 74.000 m<sup>2</sup>, αποτελείται από 170 εγκαταστάσεις για την υγεία και την διοίκηση, 25 περίπτερα και 1650 κρεβάτια. Η ετήσια χρήση της ενέργειας ισοδυναμεί με αυτή 21.000 κατοικιών. Από το 2000, έχει αναδιαμορφώσει τα κτίριά του για να διευκολύνει τις εξελίξεις στον τομέα της βιοτεχνολογίας και της υγειονομικής περίθαλψης.



*Εικόνα 5.5 : Κτήριο εισόδου στο συγκρότημα του νοσοκομείου AOU Careggi  
Πηγή: Ipostudio / AOUC*

Το στρατηγικό σχέδιο που ξεκίνησε πρόσφατα για τους αειφόρους μετασχηματισμούς, που ονομάζεται «New Careggi», τονίζει την αλληλεξάρτηση του συστήματος και την μετατροπή ενός ολοκληρωμένου δικτύου κτηρίων. Η σχεδιαστική προσέγγιση αποτελεί μια μεθοδολογία για να απορροφήσει και να προβλέψει τις αλλαγές και τις συνέργειες μεταξύ: των κτηρίων και το σχεδιασμό του τοπίου, της ενέργειας, της λειτουργίας και της διαχείρισης των κτηρίων υγειονομικής περίθαλψης, και της περιοχής, του αστικού εφοδιασμού και των συστημάτων ενέργειας. Το σχέδιο περιλαμβάνει την πλήρη αναμόρφωση του συνόλου των συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας σε όλα τα κτήρια εντός των περιοχών υγειονομικής περίθαλψης και του πανεπιστημίου. Η ενεργειακή αποδοτικότητα και οι χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα εξετάζονται από την χρήση φυσικού αερίου που παράγεται σε εργοστάσιο τρίτης γενιάς, η οποία παράγει ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα και κρύο νερό για τον κλιματισμό και ανταποκρίνεται στα υψηλότερα πρότυπα εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικών προτύπων.

### *AP-HP, Παρίσι, Γαλλία*

Το Assistance Publique – Hopitaux de Paris (AP-HP) περιλαμβάνει το Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο «Ple de France», που είναι το μεγαλύτερο πανεπιστημιακό νοσοκομείο στην Ευρώπη. Η έκταση του ανέρχεται σε 3.500.000 τετραγωνικά μέτρα και αποτελείται από 52 νοσοκομεία.



*Εικόνα 5.6 : Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Salpêtrière – C. Foix  
Πηγή: GoogleEarth*

Το έργο επικεντρώνεται στην οικοδόμηση του Gaston Cordier με εμβαδόν δαπέδου 26.000m<sup>2</sup> και όλων των εγκαταστάσεων έκτακτης ανάγκης και της χειρουργικής επέμβασης. Το APHP είναι σε διαδικασία βελτιστοποίησης του σχεδιασμού, της λειτουργίας και της διαχείρισης του νοσοκομείου σε επίπεδο περιφέρειας εντός της υψηλής πυκνότητας των αστικών περιοχών του Παρισιού. Η ενεργειακή απόδοση θα συνδυαστεί με τον αποτελεσματικό εφοδιασμό και τη διαχείριση των αποβλήτων, τη χρήση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας και την υλοποίηση νέων ενεργειακών υποδομών (π.χ. μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας).

#### **5.3.1.2 Συμπεράσματα**

Το STREAMER αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα που βρίσκεται σε εξέλιξη και στοχεύει :1) στην ενσωμάτωση των σημασιολογικών BIM μοντέλων με τα τοπολογικά μοντέλα GIS για την σχεδίαση νέων και ανακαινισμένων κτηρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης που χωροθετούνται στα συγκροτήματα υγειονομικής περιθάλψης, 2) στη δημιουργία ενός κτιριακού μοντέλου ενέργειας που συνδέει το σχεδιασμό, την κατασκευή και την εγκατάσταση μοντέλων διαχείρισης σε όλη τη διάρκεια ζωής του κτηρίου, και 3) στον σχεδιασμό ενός εργαλείου υποστήριξης αποφάσεων που φιλοξενεί διαδραστικά BIM και GIS σχεδιαστικά μοντέλα, για την ανάλυση της μελέτης επιδόσεων, και των ενδιαφερόμενων μερών για τις απαιτήσεις, τα κριτήρια απόφασης και τις προτεραιότητες.

Η έρευνα στο STREAMER είναι καινοτόμα και αποτελεσματική για την επίλυση του ζητήματος της συνδετικότητας και διαλειτουργικότητας μεταξύ των διαφόρων μοντέλων πληροφοριών, σχεδιασμού και εργαλείων υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων, καθώς και για την επίλυση των προβλημάτων ενσωμάτωσης διαφορετικών επιπέδων λεπτομέρειας (LOD), ιδιαίτερα όσον αφορά την εφαρμογή των ανοιχτών προτύπων του IFC και του GML για την ενεργειακή ανάλυση. Κατά αυτό τον τρόπο, η έρευνα αυτή προωθεί σημασιολογικούς και γεωμετρικούς τρόπους

για τη διασύνδεση γνώσης, μοντέλων και εργαλείων από σχετικούς τομείς, που είναι πιο φιλικό στον χρήστη.

Από την άλλη πλευρά, εντοπίζονται κάποια τεχνολογικά ρίσκα λόγω της διαλειτουργικότητας που αφορούν τον κίνδυνο ανεπάρκειας όταν η έρευνα προσπαθεί να αντιμετωπίσει όλα τα είδη λύσεων και προτύπων ταυτόχρονα και την έλλειψη λύσεων ανοιχτών προτύπων και ανοιχτού πηγαίου κώδικα από τους κατασκευαστές. Τέλος, ένα ακόμη εμπόδιο της έρευνας αυτής είναι το ζήτημα της ιδιοκτησίας και πρόσβασης των δεδομένων της ενέργειας και των κτηρίων, το οποίο παρακάμπτεται από την προσέγγιση εμπειρικών δεδομένων σε όλους τους κλάδους.

## 5.4 Energy Atlas Berlin

Για την επίτευξη των στόχων της κλιματικής και περιβαλλοντικής πολιτικής στη Γερμανία, μελετήθηκαν διάφορες εφαρμογές, οι οποίες αφορούν τη πρόκληση συνδυασμού του σχεδιασμού των αστικών υποδομών με την ενέργεια. Αυτού του είδους σχεδιασμός, περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των θέσεων για τις νέες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά, γεωθερμία και την αποκεντρωμένη συμπαραγωγή θερμότητας και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και μεγάλης κλίμακας ενεργητικές αποκαταστάσεις κτηρίων.

Συγκεκριμένα, για την πόλη του Βερολίνου έχει τεθεί από τις αρμόδιες αρχές ο στόχος για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 40% μέχρι το έτος 2020. Το επίσημο Πρόγραμμα Berlin Environmental Relief (SENGUV, 2011) επικεντρώνεται στο κτηριακό απόθεμα και την ζήτηση για ενέργεια θέρμανσης, η οποία καλύπτει έως και το 80% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ενός κτηρίου και μέχρι το 40% της συνολικής αστικής κατανάλωσης ενέργειας στο Βερολίνο (AGEB, 2012). Ως εκ τούτου, στόχος είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και κατά συνέπεια η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσα από ολοκληρωμένα μέτρα ενεργειακής ανακαίνισης. Ακόμη, η αποδοτικότητα της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και της θέρμανσης χώρου, μπορεί να αυξηθεί με την εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ούτως ώστε να συμβάλλουν και αυτές στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Σημαντική προϋπόθεση για την μετασκευή των συνδεδεμένων με την ενέργεια αστικών υποδομών είναι η διασφάλιση της παροχής ενέργειας στα κτήρια και επομένως και ο προσδιορισμός της ενεργειακής απαίτησης του κάθε κτηρίου. Οι τιμές κατανάλωσης είναι διαθέσιμες εντός των διαφόρων ενεργειακών εταιρειών, όμως τα δεδομένα αυτά δεν είναι συχνά διαθέσιμα λόγω της προστασίας των ιδιωτικών δεδομένων και των οικονομικών συμφερόντων.

Αυτό το κενό έρχεται να καλύψει μια σειρά από λογικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών. Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες που αφορούν μεθόδους για την εκτίμηση της ενεργειακής απαίτησης για θέρμανση, οι οποίες στηρίζονται σε υποθέσεις όπου υπάρχει μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των συγκεκριμένων κτηρίων, των κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών και της ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης. Αυτές οι προσεγγίσεις όμως περιλαμβάνουν διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού και δεδομένα εισόδου και έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικούς σκοπούς και κλίμακες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να καλύψουν τη κλίμακα του κτηρίου, ώστε να πραγματοποιηθεί ο βέλτιστος ενεργειακός σχεδιασμός του.

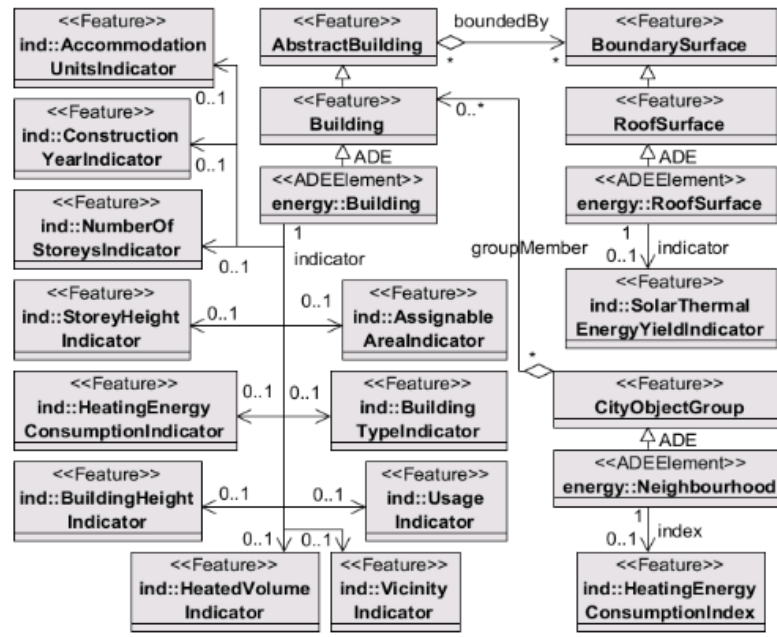
Το 2010, οι Carrión και Carrión et al. εισάγουν μια μέθοδο για την εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση των κτηρίων με τη χρήση του σημασιολογικού 3D μοντέλου πόλης του Βερολίνου, η οποία εμπλουτίζεται από ολοκληρωμένες σημασιολογικές πληροφορίες που αφορούν το κτήριο, που προέρχονται από το επίσημο κτηματολόγιο. Ο θερμαινόμενος όγκος και η περιοχή αναφοράς ενέργειας υπολογίζονται από το 3D μοντέλο πόλης που αναπαριστάται στο CityGML. Ακόμη, χρησιμοποιώντας τη γεωμετρία του κτηρίου και επιπλέον σημασιολογικές πληροφορίες που αφορούν το έτος κατασκευής του κτηρίου και τη χρήση του, προκύπτει η τυπολογία για κάθε κτήριο, και προσδιορίζεται η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση, σε  $\text{kWh} / \text{m}^2 \text{a}$ , με ένα μέσο σφάλμα 19%.

Το πρόγραμμα αυτό ονομάζεται “Energy Atlas Berlin” και αποτελεί πρωτοβουλία των εκπρώπων της επιστήμης, εταιρειών ενέργειας και διοίκησης, ενώ χρηματοδοτείται από το Κέντρο Γνώσης και Καινοτομίας για την Αλλαγή και Μετριασμό του κλίματος (Climate KIC) του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Καινοτομίας και Τεχνολογίας (EIT).

Επιπλέον, ένα 3D εικονικό μοντέλο πόλης δημιουργήθηκε για μια περιοχή δοκιμών στο Λονδίνο, ως μέρος του θυγατρικού προγράμματος Neighbourhood Demonstrator, όπου οι αναπτυγμένες έννοιες έχουν ληφθεί από το Energy Atlas Berlin. (Kaden et al., 2012).

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το “Energy Atlas Berlin” στηρίζεται στο σημασιολογικό μοντέλο πληροφοριών του CityGML (Kolbe, 2008, Groger et al., 2010), επιτρέποντας το σχεδιασμό μιας ολοκληρωμένης οντότητας για τη χωροσημασιολογική εκπροσώπηση της αστικής δομής συμπεριλαμβάνοντας στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου. Το 3D μοντέλο πόλης του Βερολίνου περιλαμβάνει περισσότερα από 550.000 κτήρια, τα μοντέλα των οποίων δημιουργήθηκαν από τα αποτυπώματα των κτηρίων στο κτηματολόγιο σε συνδυασμό με εναέρια δεδομένα σαρωτή λέιζερ, ενώ οι όψεις δημιουργούνται βάσει φωτογραφιών. Τα περισσότερα κτήρια απεικονίζονται σε επίπεδο λεπτομέρειας LOD2 και στην ουσία αποτελεί μια χαρτογραφική απεικόνιση της ενεργειακής κατάστασης των κτηρίων, των υφιστάμενων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τις συνθήκες του δικτύου (ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο, θέρμανση).

Το θεματικό μοντέλο του CityGML παρέχει ένα μεγάλο αριθμό απαιτούμενων τάξεων και ιδιοτήτων, που αφορούν κυρίως τις τοπολογικές και γεωμετρικές οντότητες του κτηρίου, όπως τις επιφάνειες των ορόφων και των ανοιγμάτων αλλά και σημασιολογικές οντότητες όπως η χρήση και το έτος κατασκευής του κτηρίου. Συγκεκριμένες οντότητες, οι οποίες δεν είχαν προκαθοριστεί στο CityGML μοντέλο, ενσωματώθηκαν στο Energy Atlas Berlin χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς επέκτασης CityGML του Τομέα Εφαρμογών Επέκτασης (ADE) και των GenericCityObjects και GenericAttributes (Krüger και Kolbe, 2012). Όλες οι παραπάνω πληροφορίες αποθηκεύονται, διαχειρίζονται και απεικονίζονται μέσω της 3DCityDataBase, η οποία αποτελεί μια Open Source 3D γεωβάση, δομημένη σύμφωνα με το σχεσιακό σχήμα βάσης δεδομένων του CityGML.



Εικόνα 5.7 : Διάγραμμα μοντέλου UML με EnergyADE

Πηγή : Kruger and Kolbe (2012)

Το Energy Atlas Berlin περιλαμβάνει την αναπαράσταση της πραγματικής κατάστασης του περιβάλλοντος και των αντικειμένων, παραμέτρων σχετικά με την ενέργεια στο αστικό περιβάλλον, όπως επίσης και την έρευνα και την αναπαράσταση επιλογών για τη λήψη μέτρων, όπως η σύγκριση των εκτιμώμενων ενεργειακών απαιτήσεων και παραγωγής και οι δυνατότητες εξοικονόμησης, π.χ. από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ανακαίνιση κτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη και το οικονομικό κομμάτι των μέτρων. Οι επιλογές για τη λήψη μέτρων με βάση τις αναλύσεις και προσομοιώσεις με τη χρήση των γεωμετρικών και σημασιολογικών πληροφοριών του Energy Atlas Berlin περιλαμβάνουν, την εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας, την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης των κτηρίων, τα ενεργητικά χαρακτηριστικά του κτηρίου, καθώς και τις δυνατότητες ανακαίνισης. Ενώ στοχεύει στον σχεδιασμό ενός βέλτιστου ενεργειακού δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας και του φορτίου, την εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης και των εκπομπών CO<sub>2</sub> λόγω της κυκλοφορίας, καθώς και τη χρήση της γεωθερμίας και της ηλιακής ενέργειας.

Οι προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ενέργειας θέρμανσης στο επίπεδο κτηρίου, των Strzalka και Carrión έχει αποδειχθεί ότι οδηγεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, για να αυξηθεί η αξιοπιστία των εκτιμώμενων τιμών ενέργειας για κάθε κτήριο, η προσέγγιση του Carrión επεκτάθηκε στα πλαίσια του Energy Atlas Berlin σε ένα πιο λεπτομερή υπολογισμό των απωλειών θερμότητας μετάδοσης της κάθε περιβαλλόμενης επιφάνειας στα διάφορα στάδια της αποκατάστασης και των κερδών θερμότητας μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας και των εσωτερικών πηγών θερμότητας. Επιπλέον, εκτιμάται η ενεργειακή απαίτηση για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και έχει αναπτυχθεί μια νέα προσέγγιση για την εκτίμηση της απαίτησης ηλεκτρικής

ισχύος των κτηρίων με στόχο την εκτίμηση της συνολικής πραγματικής ενέργειας που απαιτούν τα κτήρια στην πόλη του Βερολίνου.

#### 5.4.1 Εκτίμηση των Ενεργειακών Μεγεθών

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται περιληπτικά οι μέθοδοι για την εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών, δηλαδή της ενεργειακής απαίτησης για θέρμανση, της απαίτησης για ηλεκτρική ενέργεια και της απαίτησης για Ζέστο Νέρο Χρήσης, που χρησιμοποιήθηκαν στο ενεργειακό μοντέλο του Βερολίνου.

##### 5.4.1.1 Εκτίμηση Ενεργειακής Ζήτησης για Θέρμανσης

Όσον αφορά την εκτίμηση της ενεργειακής απαίτησης για θέρμανση ενός κτηρίου, οι παράμετροι που επηρεάζουν την εκτίμηση είναι οι εξής ομαδοποιημένοι σε έξι κατηγορίες : 1) το κλίμα, 2) η γεωμετρία του κτηρίου, 3) η χρήση του κτηρίου, 4) η συμπεριφορά των χρηστών, 5) η κατασκευή του κτηρίου και 6) οι παροχές του κτηρίου.

Για τον ορισμό των κλιματικών συνθηκών λαμβάνονται υπόψιν οι μέσες τιμές θερμοκρασίας των προηγούμενων ετών ή τα πραγματικά δεδομένα του καιρού για μια συγκεκριμένη περιοχή. Η μία παράμετρος εισόδου είναι ο αριθμός βαθμού-ημερών, που αντιπροσωπεύει τη διαφορά θερμοκρασίας έκτος και εντός του κτηρίου για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με το VDI 2067 [VDI, 2000]. Για την εκτίμηση της ζήτησης ενέργειας σε kWh, ο αριθμός βαθμός-ημερών θα πρέπει να μετατραπεί σε βαθμό-ωρών  $\Theta$  [kKh/a]. Για την πόλη του Βερολίνου, ο αριθμός βαθμού-ωρών των 79 kKh/a και η περίοδος θέρμανσης tH [d/a] των 212 d/a υπολογίστηκαν με όριο θερμοκρασίας για θέρμανση τους 12 °C και επιθυμητή μέση τιμή δωματίου θερμοκρασία τους 20 °C.

Για τον προσδιορισμό της γεωμετρίας του κτηρίου, τα γεωμετρικά μεγέθη υπολογίζονται από το 3D μοντέλο της πόλης του Βερολίνου. Αρχικά υπολογίζεται η θερμαινόμενη επιφάνεια του κάθε κτηρίου. Η πληροφορία αυτή δεν μπορεί να αντληθεί απευθείας από το μοντέλο πόλης, καθώς σε αυτό τα κτήρια απεικονίζονται σε επίπεδο λεπτομέρειας LOD2 που σημαίνει πως δεν είναι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την εσωτερική δομή. Κατά αυτό τον τρόπο, η θερμαινόμενη επιφάνεια υπολογίζεται με την παροδοχή ότι το 75% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου θερμαίνεται, μέσω του τύπου:

$$A_{EB} = 0,75 \cdot n_G \cdot A_{FB} \text{ (m}^2\text{)}$$

όπου  $n_G$  ο αριθμός των θερμαινόμενων ορόφων του κτηρίου και  $A_{FB}$  η επιφάνεια του αποτυπώματος του κτηρίου

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών, προσδιορίζεται το εμβαδόν των επιφανειών των επιμέρους συστατικών των κτηρίων που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, όπως στέγη, εξωτερικός τοίχος, παράθυρο. Τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν από το 3D σημασιολογικό μοντέλο πόλης. Λόγω απλοποίησης των υπολογισμών θεωρείται ότι τα κεφάλια και οι σοφίτες δεν αποτελούν θερμαινόμενο χώρο, επομένως παραλείπονται από τους υπολογισμούς. Ακόμη, καθώς τα κτήρια στο

μοντέλο πόλης είναι σε LOD2 δεν μπορεί να εκτιμηθεί η ακριβής επιφάνεια των κτηρίων και για το λόγο το εμβαδόν των παραθύρων υπολογίστηκε με βάση ένα μέσο παράθυρο στον τοίχο, κάνοντας αναλογία της επιφάνειας των τοίχων και των παραθύρων.

Για τον προσδιορισμό της κατασκευής του κτηρίου χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά και ιδιότητες, φυσικές και ενεργητικές του κτιριακού κελύφους με βάση την ηλικία του κτηρίου. Ακόμη εξήχθηκε ένας χάρτης που απεικονίζει την ηλικία του κάθε κτηρίου για μεγάλη περιοχή του Βερολίνου και ο οποίος ενσωματώθηκε στο Energy Atlas Berlin. Ο προσδιορισμός της ηλικίας του κτηρίου είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς απαιτείται για τον προσδιορισμό της θερμοπερατότητας, Συντελεστής  $U_i$  (U-values), των επιμέρους συστατικών του κτηρίου. Για το κέλυφος του κτηρίου γίνεται διάκριση μεταξύ των αδιαφανών(τοίχοι) και διαφανών επιφανειών(ανοίγματα). Τα συστατικά των αδιαφανών επιφανειών συνήθως έχουν χαμηλότερο συντελεστή θερμοπερατότητας από τα διαφανή συστατικά, αλλά η διαφάνεια επιτρέπει με τη σειρά της κέρδη θερμότητας, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη στο ισοζύγιο θερμότητας. Δεδομένου ότι το Energy Atlas Berlin δεν περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις επιφάνειες των παραθύρων, προσδιορίζεται μια μέση αναλογία επιφάνειας παράθυρου-τοίχου, προκειμένου να εκτιμηθεί η επιφάνεια των παραθύρων στα κτήρια. Για το σκοπό αυτό, αρκετά αντιπροσωπευτικά κτήρια διαφορετικών ηλικιακών κατηγοριών ερευνήθηκαν και καθορίστηκαν οι αναλογίες της επιφάνειας παράθυρου-τοίχου, καθώς επίσης καθορίστηκε και ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε κατηγορίας με βάση τις αναλύσεις του Ινστιτούτο Αρχιτεκτονικής στο TU Berlin και δημιουργήθηκε το παρακάτω τυπολόγιο.

Age Class	U Wall	U Window	g Window	U Ceiling	U Ground	Wall/Wind. Ratio
- 1918	1,70	2,7	0,76	1,50	1,20	0,30
1919 - 1945	1,70	2,7	0,76	1,50	1,20	0,25
1946 - 1961	1,40	2,7	0,76	1,30	1,00	0,23
1962 - 1974	1,20	2,7	0,76	1,10	0,84	0,28
1975 - 1993	0,80	2,7	0,76	0,45	0,60	0,33
1994 - 2012	0,40	1,7	0,72	0,30	0,40	0,35

Πίνακας 5.1 : Πίνακας προσδιορισμού συντελεστών θερμοπερατότητας για τα συστατικά του κτηρίου με βάση την ηλικία του

Πηγή : Kaden and Kolbe (2013)

#### 5.4.1.2 Εκτίμηση της Καθαρής Ενεργειακής Ζήτησης του Κτηρίου

Η πραγματική ενεργειακή ζήτηση των κτηρίων για θέρμανση χώρου υπολογίζεται για όλα τα καθορισμένα στάδια ανακαίνισης κάθε κτηρίου, με βάση την προσέγγιση

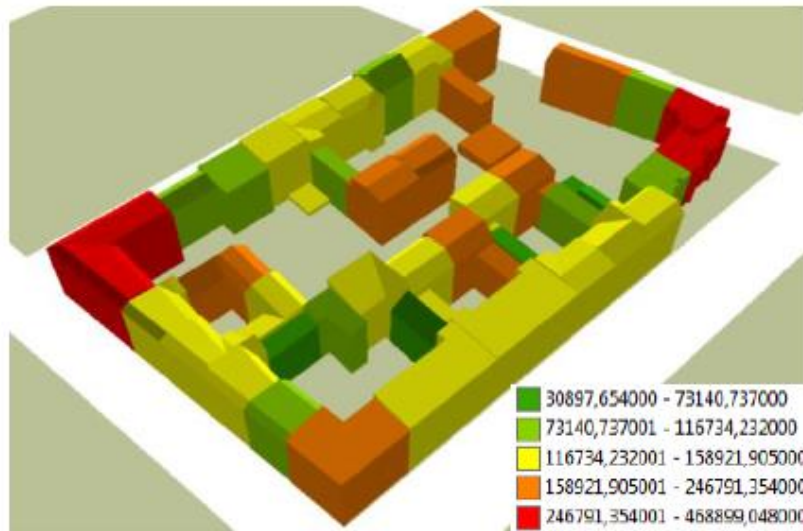


"energy pass heating/hot water" που δημοσιεύθηκε από το Ινστιτούτο Οικισμού και Περιβάλλοντος (IWU) (Loga και Imkeller-Benjes, 1997). Η μέθοδος υπολογισμού των IWU βασίζεται σε μια λεπτομερή εξέταση της απώλειας θερμότητας μέσω του κελύφους του κτηρίου και μέσω του τακτικού αερισμού για μια συγκεκριμένη εξωτερική θερμοκρασία, και στα κέρδη θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία και από τις εσωτερικές πηγές θερμότητας. Η καθαρή ενεργειακή ζήτηση Q<sub>H</sub> ενός κτηρίου υπολογίζεται ως η διαφορά των κερδών της θερμότητας από τις απώλειες θερμότητας :

$$Q_H = Q_V - Q_G \text{ (kWh/a),}$$

όπου Q<sub>V</sub> οι απώλειες θερμότητας και Q<sub>G</sub> τα κέρδη θερμότητας

Για την εκτίμηση των παραπάνω μεγεθών λήφθηκαν παραδοχές, λόγω έλλειψης δεδομένων και ακολουθήθηκε μια σειρά υπολογισμών των επιμέρους παραμέτρων όπως η απώλεια θερμότητας λόγω εξαερισμού και η ηλιακή ακτινοβολία. Οι υπολογισμοί, όπως και οι υπολογισμοί της γεωμετρίας του κτηρίου υλοποιούνται μέσω αλγορίθμων σε Java. Ως αρχείο εισόδου, απαιτείται ένα κτηριακό μοντέλο LOD2 CityGML, που συμπεριλαμβάνει την κατηγορία της ηλικίας και το είδος της χρήσης του κτηρίου, ενώ τα δομικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τα στάδια ανακαίνισης των διάφορων ηλικιακών κατηγοριών των κτηρίων και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του Βερολίνου παρέχονται με τη χρήση ενός πρόσθετου CSV αρχείο. Οι υπολογιζόμενες απαιτήσεις για ενέργεια θέρμανσης στα επιμέρους στάδια της ανακαίνισης ενσωματώνονται στο 3D μοντέλο πόλης σαν CityGML χαρακτηριστικά και είναι διαθέσιμες για περαιτέρω ανάλυση με διαλειτουργικό τρόπο. Η παρακάτω εικόνα αποτελεί μία 3D απεικόνιση της εκτιμώμενης ετήσιας ενεργειακής απαιτήσης για θέρμανση των ειδικών κτηρίων στην συνοικία Moabit του Βερολίνου.



Εικόνα 5.8 : Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίων με βάση την εκτιμώμενη ετήσια ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης

Πηγή : Kaden and Kolbe (2013)



### 5.4.2 Εκτίμηση της Ζήτησης για Ηλεκτρική Ενέργεια

Όπως η εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση, έτσι και η εκτίμηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων. Παρόλα αυτά, σε αντίθεση με την ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται κυρίως από τους χρήστες και τη συμπεριφορά τους και τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στο κτήριο. Η εταιρεία ενέργειας Vattenfall έχει δημοσιεύσει εμπειρικές τιμές που αντιπροσωπεύουν τη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας νοικοκυριών διαφορετικών μεγεθών. Με την παραδοχή της διαθεσιμότητας και της τακτικής χρήσης ορισμένων συσκευών, εκτιμήθηκαν μέσες τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα οικιστικά διαμερίσματα. Οι τιμές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αφού πρώτα προσδιοριστούν τρεις σημαντικές παράμετροι εισόδου: 1) ο αριθμός των νοικοκυριών ανά κτήριο, 2) ο αριθμός των κατοίκων ανά νοικοκυριό, και 3) η χρήση του κτηρίου. Και σε αυτή τη περίπτωση υπολογισμού, η χρήση του κτηρίου λαμβάνεται από το 3D μοντέλο πόλης.

#### 5.4.2.1 Καθορισμός Δεδομένων Εισόδου

Όσον αφορά, τον καθορισμό του αριθμού των νοικοκυριών κάθε κτηρίου, δεν υπάρχει διαθέσιμη πηγή τέτοιων δεδομένων στην Γερμανία. Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των κτιριακών όγκων των διαφόρων ηλικιακών κατηγοριών κτηρίων και του αριθμού των νοικοκυριών σε κάθε κτήριο κατοικίας. Τα παραπάνω στοιχεία λαμβάνονται από το 3D μοντέλο πόλης του Βερολίνου.

Για την εκτίμηση του αριθμού των διαμερισμάτων ανά κτήριο, έχει εισαχθεί και εκτιμηθεί εμπειρικά ένας δείκτης που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των διαμερισμάτων ανά οικοδομικό όγκο, χρησιμοποιώντας ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα 300 κτηρίων, ταξινομένα σε 6 διαφορετικές ηλικιακές κατηγορίες. Τελικά, ο αριθμός των νοικοκυριών ανά κτήριο προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του όγκου του κτηρίου με τον κατάλληλο δείκτη που επιλέχθηκε από τον πίνακα με βάση το έτος κατασκευής του κτηρίου.

Όπως και για τον αριθμό των διαμερισμάτων ανά κτήριο έτσι και για τον αριθμό των κατοίκων ανά διαμέρισμα δεν υπάρχουν επίσημα δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση θα πραγματοποιηθούν δύο επιμέρους εκτιμήσεις :

Αρχικά εκτιμάται ο αριθμός των κατοίκων στο εσωτερικό ενός κτηρίου, χρησιμοποιώντας τα επίσημα δεδομένα της απογραφής που περιλαμβάνουν τον αριθμό των κατοίκων ανά οικοδομικό τετράγωνο.

Ο αριθμός των κατοίκων στα κτήρια κατοικίας, διανέμεται με βάση τους υπολογιζόμενους όγκους του κτηρίου και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$n_R/B = n_R/S_B / V_{SB} \cdot V_L \text{ [res./building]}$$

όπου  $n_R/S_B$  ο αριθμός των κατοίκων ανά οικοδομικό τετράγωνο

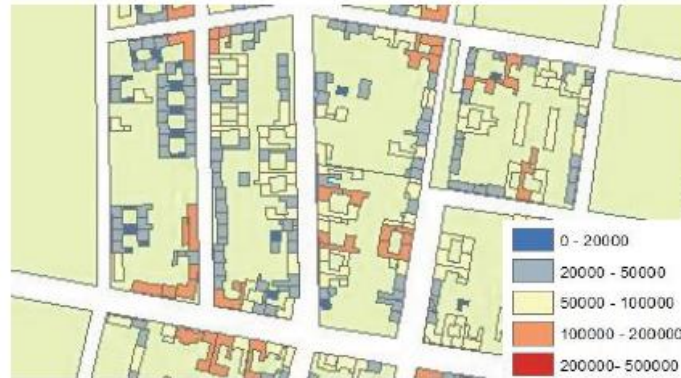
$V_{SB}$  ο συνολικός όγκος του οικοδομικού τετραγώνου

$V_L$  ο όγκος του κτηρίου

Στη συνέχεια διανέμονται οι κάτοικοι του κτηρίου στα εκτιμώμενα διαμερίσματα. Για την διανομή των κατοίκων στα διαμερίσματα χρησιμοποιούνται επίσημα στοιχεία της

απογραφής του Βερολίνου που περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το μερίδιο του ενός, δύο, τριών, τεσσάρων ή και περισσότερων ατόμων διαμερίσματα ανά περιοχή.

Αφού αξιολογήθηκαν οι παραπάνω εκτιμήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος κατοίκων ανά διαμέρισμα, εκτιμήθηκε η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, προσθέτοντας την μέση ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση των διαφόρων κατηγοριών νοικοκυριών.



Εικόνα 5.9 : Χάρτης Απεικόνισης εκτιμώμενης ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ανά κτήριο

Πηγή : Kaden and Kolbe (2013)

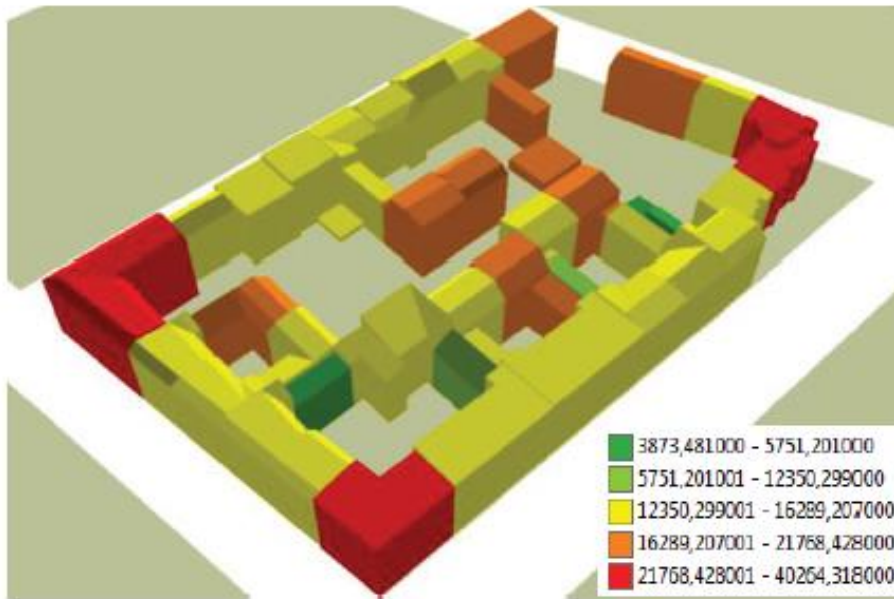
#### 5.4.3 Εκτίμηση της Ζήτησης Ζεστού Νερού Χρήσης

Η εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (Z.N.X) εξαρτάται ως επί το πλείστον από τον αριθμό των κατοίκων του κτηρίου. Στην περίπτωση του Energy Atlas Berlin, χρησιμοποιήθηκε μια μέση τιμή κατανάλωσης Z.N.X ανά άτομο, που δημοσιεύθηκε από την IWU, ενώ η ζήτηση ενέργειας για τη παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης υπολογίστηκε από τον τύπο:

$$Q_W = Q_{W/P} \cdot n_{R/B} \text{ (kWh/a)}$$

Όπου  $Q_{W/P}$  = η ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού ανά άτομο [kWh/(P·a)]  
(Standard value: 600 kWh/(P·a))

$n_{R/B}$  = ο αριθμός των κατοίκων ανά κτήριο



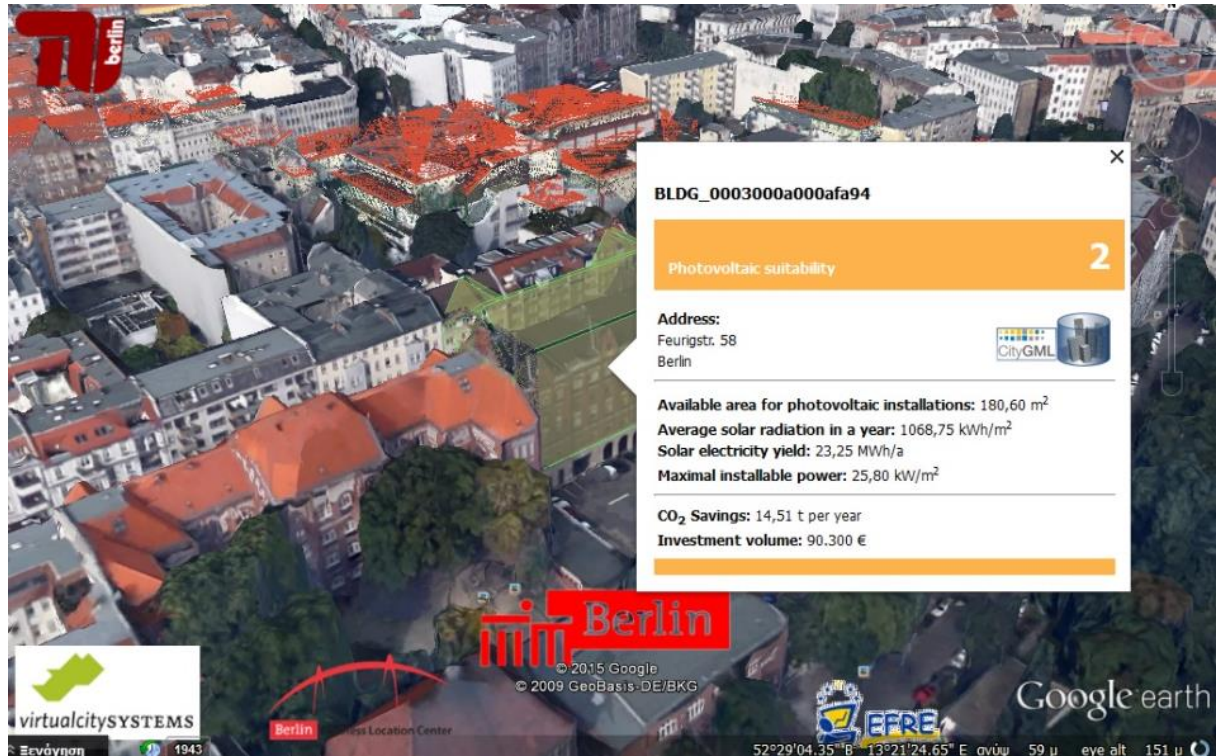
Εικόνα 5.10 : Τρισδιάστατη Απεικόνιση της εκτιμώμενης ετήσιας ζήτησης Z.N.X (kWh/a)

Πηγή : Kaden and Kolbe (2013)

#### 5.4.4 Συμπεράσματα

Το Energy Atlas Berlin αποτελεί μια καλή προσέγγιση της ενσωμάτωσης των συστημάτων ενέργειας στα τρισδιάστατα σημασιολογικά μοντέλα πόλης. Η ενσωμάτωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την βέλτιστη γνώση και ταυτόχρονα διαχείριση των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιριακού αποθέματος μιας πόλης ώστε να οδηγήσει στην πολυπόθητη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την κατά το δυνατό λιγότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Παρόλο, που τα μοντέλο πόλης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το παράδειγμα περιείχε τις πληροφορίες του κτιριακού αποθέματος σε επίπεδο λεπτομέρειας 2 (LOD2), πρόσθετες σημασιολογικές πληροφορίες προστέθηκαν στο μοντέλο για την εκτίμηση της ενεργειακής ζήτησης. Από την άλλη πλευρά όμως, μοντέλα με υψηλότερο επίπεδο λεπτομέρειας (LOD3, LOD4) διευκολύνουν τις εκτιμήσεις των ενεργειακών μεγεθών και αυξάνουν την αξιοπιστία τους. Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων επιστρέφουν στο 3D μοντέλο πόλης ως CityGML γενικά χαρακτηριστικά και είναι διαθέσιμα για περαιτέρω αναλύσεις μέσα από ένα διαλειτουργικό τρόπο, επιτρέποντας την εξισορρόπηση της κατανάλωσης ενέργειας με δυνατότητες παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, και τον βέλτιστο σχεδιασμό έξυπνων δικτύων.



Εικόνα 5.11 : Απόσπασμα από το 3D Energy Atlas Berlin

Πηγή : <http://energyatlas.energie.tu-berlin.de/>



## 6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία υλοποίησης μιας εφαρμογής, η οποία λαμβάνει υπόψιν της το θεωρητικό και εμπειρικό υπόβαθρο που αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Πιο συγκεκριμένα, η πρακτική αυτή εφαρμογή αφορά την ανάπτυξη δύο μοντέλων πόλης σε μορφή CityGML, ενός κτιριακού σε επίπεδο λεπτομέρειας 1 ( LOD1) και ενός χρήσεων γης (LOD0) με την ενσωμάτωση ενεργειακών δεδομένων σε κάθε ένα από αυτά. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε για ένα οικοδομικό τετράγωνο (Ο.Τ) και τα κτήρια που περιλαμβάνονται σε αυτό, στην περιοχή του Χαλανδρίου. Τα ενεργειακά δεδομένα εκτιμήθηκαν μέσω του λογισμικού TEE Κ.Εν.Α.Κ που έχει αναπτύξει το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ) για τον υπολογισμό και την ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων. Επιπλέον, συμμερίζοντας την τάση της εποχής για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτίρια και κατ' επέκταση την μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων διερευνήθηκαν τα ποσά καταναλώσεων από την χρήση μιας εναλλακτικής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, της γεωθερμιάς. Αφού δημιουργήθηκαν τα σημασιολογικά μοντέλα, διερευνήθηκαν τρόποι ώστε αυτά να είναι διαχειρίσιμα και να μπορέσουν να συμμετάσχουν σε ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης πόλης. Η ροή της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε περιγράφεται βήμα βήμα στην συνέχεια του κεφαλαίου.

### 6.1 Περιοχή Μελέτης

Στα πλαίσια διεξαγωγής της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε ως περιοχή μελέτης ένα οικοδομικό τετράγωνο στο Χαλάνδρι. Για αυτό το οικοδομικό τετράγωνο λήφθηκαν πληροφορίες από το Κτηματολογικό Γραφείο του Χαλανδρίου και από τον Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Ελλάδας (ΕΚΧΑ Α.Ε). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ορθοφωτοχάρτης της περιοχής σε κλίμακα 1:500.



Εικόνα 6.1 : Απόσπασμα Κτηματολογικού Διαγράμματος όπου απεικονίζεται η περιοχή μελέτης

Πηγή : ΕΚΧΑ Α.Ε

Ο ορθοφωτοχάρτης αυτός, εισήχθηκε στο περιβάλλον ArcMap και ψηφιοποιήθηκαν οι κατόψεις των κτηρίων που χωροθετούνται σε αυτό το οικοδομικό τετράγωνο.



Εικόνα 6.2 : Απόσπασμα από το περιβάλλον ArcGIS

Α/Α ΚΤΗΡΙΟΥ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
1	ΝΙΚΗΤΑΡΑ 2-4 ΚΑΙ ΨΑΡΩΝ
2	ΝΙΚΗΤΑΡΑ ΚΑΙ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ
3	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ
4	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ
5	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ
6	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ-ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ
7	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 13
8	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 15
9	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 15Α-ΨΑΡΩΝ
10	ΨΑΡΩΝ 65
11	ΨΑΡΩΝ 67
12	ΨΑΡΩΝ 69

Πίνακας 6.1 : Αντιστοίχιση αριθμού Α/Α κτηρίων με την διεύθυνση τους

Η αρίθμηση των κτηρίων που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια διεξαγωγής της διπλωματικής αυτής και είναι αυτή που ακολουθείται σε όλα τα στάδια της εφαρμογής.

Ακόμη, επιπλέον στοιχεία συλλέχθηκαν από την απεικόνιση της περιοχής στο Bing Maps και συγκεκριμένα από την εφαρμογή Bird Eye. Επίσης πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στο ύπαιθρο για την συλλογή πληροφοριών, όπως επίσης λήφθηκαν και φωτογραφίες των προσόψεων των κτηρίων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αφορούσαν τον προσδιορισμό του έτους κατασκευής των κτηρίων, τον αριθμό των ορόφων των κτηρίων, η χρήση, το είδος των κουφωμάτων, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται για θέρμανση, την ύπαρξη κλιμαστικών, κτλ. Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων μέσω του λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, που παρουσιάζεται παρακάτω.

## 6.2 Προσδιορισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριών

Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και την έκδοση των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης μέσω του λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ, κάθε κτήριο θεωρήθηκε συνολικά ως μια ενιαία θερμική ζώνη τόσο προς απλοποίηση των υπολογισμών όσο και λόγω της έλλειψης στοιχείων σχετικά με τον αριθμό των διαμερισμάτων και το εμβαδόν τους. Μόνο στην περίπτωση των κτηρίων που έχουν μικτή χρήση, δηλαδή στο ισόγειο έχουν εμπορική χρήση και στους ορόφους οικιακή πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή ενεργειακή μελέτη για την κάθε χρήση. Τα κτήρια αυτά έχουν πρόσοψη στην οδό Παπανικόλη. Τα υπόλοιπα κτήρια έχουν αποκλειστική χρήση κατοικίας εκτός από το κτήριο 1 που αποτελεί κτήριο γραφείων. Ακόμη, για το κτήριο 2 δεν θα πραγματοποιηθεί ενεργειακή μελέτη καθώς η χρήση του είναι πρατήριο υγρών καυσίμων και δεν λαμβάνεται υπόψιν στον Κ.Εν.Α.Κ.

Για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κάθε κτηρίου, λόγω της δυσκολίας συλλογής των δεδομένων, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από παραδοχές που ανταποκρίνονται όσο το δυνατό περισσότερο στην πραγματικότητα.

Το πρώτο βασικό χαρακτηριστικό των κτηρίων που εκτιμήθηκε ήταν σε ποια από τις τρεις παρακάτω χρονικές περιόδους πραγματοποιήθηκε η ανέγερση τους :

- ✓ Προ του 1979 (αυτοπαρξία κανονισμού θερμομόνωσης)
- ✓ Από το 1979- 2010 (Ισχύ Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων)
- ✓ Μετά το 2010 (Ισχύς Κ.Εν.Α.Κ)

Ο προσδιορισμός του έτους κατασκευής είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς χρησιμοποιείται σαν παράγοντας για τον προσδιορισμό των λοιπών παραμέτρων του κτηρίου που συμμετέχουν στην ενεργειακή μελέτη.

Από την επίσκεψη στην περιοχή πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της χρονικής περιόδου κατασκευής των κτηρίων αισθητικά από την όψη των κτηρίων.

A/A ΚΤΗΡΙΟΥ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
1	ΝΙΚΗΤΑΡΑ 2-4	1979-2010
2	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 140	-
3	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 138	ΠΡΟ ΤΟΥ 1979
4	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 136	ΠΡΟ ΤΟΥ 1979
5	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 134	1979-2010
6	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΗ 132	1979-2010
7	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 13	ΠΡΟ ΤΟΥ 1979
8	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ 15	1979-2010
9	ΥΨΗΛΑΝΤΟΥ	1979-2010
10	ΨΑΡΩΝ 65	1979-2010
11	ΨΑΡΩΝ 67	1979-2010
12	ΨΑΡΩΝ 69	1979-2010

Πίνακας 6.2 : Πίνακας με το εκτιμώμενο έτος κατασκευής

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψιν στην ενεργειακή επιθεώρηση κάθε κτήριου, με τη σειρά που εισάγονται στο λογισμικό ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ.

### 6.2.1 Γενική Περιγραφή κτηρίου

Η γενική περιγραφή του κτηρίου περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της συνολικής επιφάνειας του κτήριου, τον συνολικό όγκο, την θερμαινόμενη επιφάνεια και τον θερμαινόμενο όγκο, την ψυχόμενη επιφάνεια και τον ψυχόμενο όγκο, τον αριθμό των ορόφων του κτηρίου, το ύψος του ισογείου και το τυπικό ύψος του οροφου. Ως συνολική επιφάνεια του κάθε κτηρίου θεωρήθηκε το γινόμενο της επιφάνειας του αποτυπώματος του κτηρίου επί τον αριθμό των ορόφων και ως συνολικός όγκος το γινόμενο της επιφάνειας του αποτυπώματος του κτηρίου επί το ύψος του κτηρίου. Η

θερμαινόμενη επιφάνεια και όγκος θεωρήθηκαν ίσοι με τις αντίστοιχες συνολικές, ενώ η ψυχόμενη επιφάνεια και όγκος θεωρήθηκαν το 50% των αντίστοιχων συνολικών. Το τυπικό ύψος ορόφου, και ισογείου θεωρήθηκε ίσο με 3m. Ακόμη καθορίζεται ο αριθμός των θερμικών ζωνών του κάθε κτηρίου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο αριθμός των θερμικών ζωνών στα πλαίσια της μελέτης αυτής θεωρήθηκε ίσος με ένα.

### 6.2.2 Καθορισμός Θερμικών Ζωνών

Οι παράμετροι και οι παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν στον καθορισμό των θερμικών ζωνών είναι οι εξής :

- ✓ Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα ( $\text{KJ/m}^2\text{K}$ ) : θεωρήθηκε πως ο φέρων οργανισμός του κάθε κτηρίου είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπλοπλίνθους, επομένως από τον πίνακα 3.13 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01 λαμβάνεται η τιμή  $260 \text{ KJ/m}^2\text{K}$ .
- ✓ Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ ) : αφορά στον προσδιορισμό του νερού που θερμαίνεται και η οποία εκτιμάται ίση με  $27,38 \text{ m}^3$  ανα δωμάτιο σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01. Για τον προσδιορισμό των δωματίων σε κάθε κτήριο έγινε η παροχή ότι το 30 % του συνολικού εμβαδού του κάθε κτηρίου αντιστοιχεί σε διαμερίσματα με δύο δωμάτια και συνολικό εμβαδόν  $50 \text{ m}^2$ , το 40% σε διαμερίσματα με τρία δωμάτια και συνολικό εμβαδόν  $70 \text{ m}^2$  και το υπόλοιπο 30% σε διαμερίσματα με τέσσερα δωμάτια και συνολικό εμβαδόν  $90 \text{ m}^2$
- ✓ Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών : επιλέχθηκε η κατηγορία Δ για τα παλαιότερα κτήρια καθώς θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει κάποιο είδος αυτόματου ελέγχου και η κατηγορία Γ για τα νεώτερα.
- ✓ Διείσδυση του αέρα από τα κουφώματα ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) : προσδιορίζεται από το σύνολο των κουφωμάτων του διαμερίσματος και συγκεκριμένα από το γινόμενο της επιφάνειας κάθε κουφώματος επί την τιμή αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων με βάση τον τύπο του κουφώματος. Η τιμή αυτή δίνεται στον πίνακα 3.26 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01 για τους διάφορους τύπους κουφωμάτων.

### 6.2.3 Περιγραφή Γεωμετρίας και τεχνικών χαρακτηριστικών κτιριακού κελύφους

Τα δομικά χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους χωρίζονται σε αδιαφανή (τοιχοποιία, δάπεδο) και διαφανή (ανοιγματα). Τόσο για τα αδιαφανή όσο και για τα αδιαφανή δομικά χαρακτηριστικά προσδιορίζονται οι παρακάτω παράμετροι :

- ✓ ο προσανατολισμός κάθε επιφάνειας ( $\gamma$ ) : προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν τον συνολικό προσανατολισμό και την απόκλιση του κτηρίου από την κατεύθυνση του βορρά. Γενικά, οι προσανατολισμοί είναι  $0^\circ$  για τον Βορρά,  $90^\circ$  για την ανατολή,  $180^\circ$  για τη δύση και  $270^\circ$  για τον νότο.
- ✓ Η κλίση της επιφάνειας ( $\beta$ ) : που μετράται μεταξύ της κάθετης στην επιφάνεια και της κατακόρυφου. Κατά αυτό τον τρόπο, οι τοίχοι έχουν κλίση  $90^\circ$  και το δάπεδο  $0^\circ$ .
- ✓ Το εμβαδόν της κάθε επιφάνειας : το εμβαδόν των αδιαφανών επιφανειών προσδιορίστηκε ως η διαφορά της συνολικής επιφάνειας της κάθε όψης πλην την συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων σε κάθε όψη. Οι πλευρές των



- κτηρίων απλοποιήθηκαν έτσι ώστε να απλοποιηθούν και στην συνέχεια οι υπολογισμοί. Έτσι πρώτα προσδιορίστηκε το εμβαδόν των ανοιγμάτων της κάθε όψης στο σύνολο με τη βοήθεια των φωτογραφιών που λήφθηκαν στην εποτόπια μελέτη και των εικόνων από την εφαρμογή Bird Eye του Bing Maps.
- ✓ Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U(W/m^2 K)$  : για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία ο συντελεστής θερμοπερατότητας προσδιορίστηκε από τον πίνακα 3.4α της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01, ενώ για τα διαφανή στοιχεία ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται από το ίδιο το λογισμικό με την επιλογή του τύπου ανοίγματος.
  - ✓ Η απορροφητικότητα ( $a$ ) : αφορά τα αδιαφανή στοιχεία και εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας του δομικού στοιχείου. Από τον πίνακα 3.14 της τεχνικής οδηγίας της TOTEE 20701-01, θεωρήθηκε για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία ανοιχτόχρωμο επίχρισμα με τιμή ανακαλαστικότητας 0,40.
  - ✓ Ο συντελεστής εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας ( $\epsilon$ ) : αφορά τα αδιαφανή δομικά στοιχεία και ορίζεται ως η εκπομπή για την θερμική ακτινοβολία στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας του δομικού στοιχείου. Από τον πίνακα 3.15 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01 για σύνηθες δομικό υλικό λαμβάνεται η τιμή 0,8.
  - ✓ Συντελεστές σκίασης : οι συντελεστές σκίασης θεωρήθηκαν ίδιοι τόσο για τις διαφανείς όσο και για τις αδιαφανείς επιφάνειες της κάθε όψης του κτηρίου. Οι συντελεστές σκίασης είναι οι εξής : συντελεστές σκίασης από ορίζοντα ( $F_{hor}$ ) χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου, συντελεστές σκίασης από πλευρικές προεξοχές ( $F_{ov}$ ) χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου και οι συντελεστές σκίασης από προβόλους ( $F_{fin}$ ) χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου.
- Όσον αφορά τους συντελεστές σκίασης από ορίζοντα θεωρήθηκε ότι τα κτήρια σκιάζονται μόνο από κτήρια με μεγαλύτερο ύψος από ότι αυτά. Επομένως, σκίαση από ορίζοντα έχουν μόνο το κτήριο 5 στην ανατολική του όψη από το κτήριο 4 και το κτήριο 7 στην νότια όψη του από το κτήριο 8 και στην βόρεια του όψη από το κτήριο 6. Οι υπολογισμοί και οι μετρήσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6.3 : Υπολογισμοί συντελεστών σκίασης από ορίζοντα

Αφού μετρήθηκαν οι γωνίες θέασης στην κάθε περίπτωση από τον πίνακα 3.18 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01 προσδιορίστηκαν οι συντελεστές σκίασης από ορίζοντα για την περίοδο θέρμανσης και ψύξης.

ΚΤΗΡΙΟ	ΓΩΝΙΑ ΘΕΑΣΗΣ	ΟΨΗ	ΣΥΝΤ. ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΣΥΝΤ. ΨΥΞΗΣ
5	57	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	0,52	0,60
7	83	ΒΟΡΕΙΑ	0,40	0,41
7	51	ΝΟΤΙΑ	0,63	0,46

Πίνακας 6.3 : Συντελεστές σκίασης από ορίζοντα

Οι υπόλοιποι συντελεστές σκίασης θεωρούνται ίσοι με τη μονάδα καθώς δεν υπάρχει σκίαση από τα απέναντι κτήρια.

Όσον αφορά τους συντελεστές από πλευρικές προεξοχές, οι συντελεστές αυτοί θεωρούνται ίσοι με τη μονάδα για τις όψεις των κτηρίων. Και τέλος, οι συντελεστές σκίασης από τους προβόλους υπολογίστηκαν αφού πρώτα προσδιορίστηκε το μήκος των μπαλκονιών σε κάθε κτήριο. Για τις όψεις των κτηρίων που δεν έχουν μπαλκόνια οι συντελεστές σκίασης από προβόλους για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης θεωρήθηκαν ίσοι με τη μονάδα. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις υπολογίστηκε η γωνία  $\beta$  του προβόλου που σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που ενώνει το μέσο της όψης με το πέρας του προβόλου, και στην συνέχεια από τον πίνακα 3.19 της τεχνικής οδηγίας της TOTEE 20701-01 προσδιορίστηκαν οι συντελεστές σκίασης από προβόλους για τη περίοδο θέρμανσης και ψύξης.

#### 6.2.4 Περιγραφή Χαρακτηριστικών Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων

Στην περιοχή αυτή, χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο για την θέρμανση των χώρων σε όλα εκτός από ένα κτήριο κατοικίας (κτήριο 7). Ακόμη, τα συστήματα ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων διαφέρουν για τα παλιά και τα νεόδμητα κτήρια.

##### ✓ Συστήματα θέρμανσης :

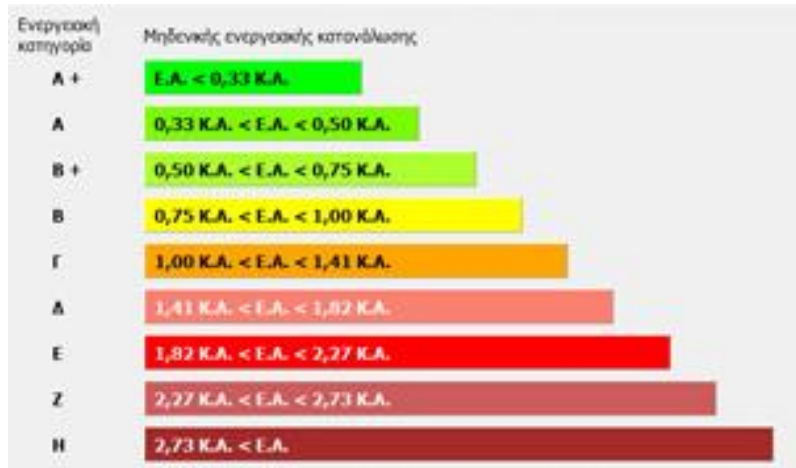
- Για τα πιο καινούργια κτήρια (κτήρια 12,11,6,1) το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει λέβητα φυσικού αερίου με ισχύ 200KW και σύστημα αυτόνομης θέρμανσης. Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης λέβητα-καυστήρα θεωρήθηκε 0,95 ενώ το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης είναι 100% για τους μήνες από Νοέμβριο έως και Μάρτιο. Ως προς το δίκτυο διανομής, ο βαθμός απόδοσης θεωρήθηκε 0,95. Οι τερματικές μονάδες είναι σώματα καλοριφέρ με βαθμό απόδοσης 0,93 και βοηθητικές μονάδες ισχύος  $0,01 \text{ w/m}^2$
- Για τα πιο παλιά κτήρια (10,9,8,6,4) το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει λέβητα φυσικού αερίου με ισχύ 200KW και σύστημα αυτόνομης θέρμανσης. Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης λέβητα-καυστήρα θεωρήθηκε 0,89 ενώ το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης είναι 100% για τους μήνες από Νοέμβριο έως και Μάρτιο. Ως προς το δίκτυο διανομής, ο βαθμός απόδοσης θεωρήθηκε 0,9. Οι τερματικές μονάδες είναι σώματα καλοριφέρ με βαθμό απόδοσης 0,9 και βοηθητικές μονάδες ισχύος  $0,01 \text{ w/m}^2$

- Το κτήριο 7 θερμαίνεται μέσω λέβητα πετρελαίου και πραγματοποιήθηκαν οι εξής παραδοχές. Η ισχύς του λέβητα είναι 200KW και ο πραγματικός βαθμός απόδοσης λέβητα-καυστήρα θεωρήθηκε 0,88 ενώ το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης είναι 100% για τους μήνες από Νοέμβριο έως και Μάρτιο. Ως προς το δίκτυο διανομής, ο βαθμός απόδοσης θεωρήθηκε 0,89. Οι τερματικές μονάδες είναι σώματα καλοριφέρ με βαθμό απόδοσης 0,89 και βοηθητικές μονάδες ισχύος 0,1 w/m<sup>2</sup>
- Το κτήριο 4 δεν διαθέτει καθόλου σύστημα θέρμανσης και θεωρήθηκε πως θερμαίνεται όπως ακριβώς το κτήριο αναφοράς σύμφωνα με την τεχνική οδηγία TOTEE 20701-01.
- ✓ **Συστήματα ψύξης :**  
Όσον αφορά τα συστήματα ψύξης κατά την επιτόπια έρευνα πραγματοποιήθηκε καταγραφή της ύπαρξης ή μη κλιματιστικών μονάδων στα κτήρια. Ακόμη, θεωρήθηκε ότι όλα τα κλιματιστικά των κτηρίων έχουν παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, τα κλιματιστικά έχουν ισχύ 3,52 KW και τροφοδοτούνται από ηλεκτρικό ρεύμα με βαθμό απόδοσης 1. Το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης τους είναι 50% για τους μήνες από Ιούνιο έως και Σεπτέμβρη, ενώ το δίκτυο διανομής και οι τερματικές μονάδες θεωρήθηκε ότι έχουν βαθμό απόδοσης 0,95. Όλα τα κτήρια διαθέτουν συστήματα ψύξης εκτός από τα κτήρια 3 και 4 τα οποία θεωρήθηκε ότι ψύχονται όπως το κτήριο αναφοράς σύμφωνα με την τεχνική οδηγία TOTEE 20701-01.
- ✓ **Συστήματα Ζεστού Νερού Χρήσης :**  
Όσον αφορά το σύστημα ζεστού νερού χρήσης, θεωρήθηκε τους μήνες που χρησιμοποιείται η θέρμανση, η παραγωγή ζεστού νερού γίνεται μέσω του λέβητα ενώ τους υπόλοιπους μήνες πραγματοποιείται μέσω τοπικών ηλεκτρικών θερμαντήρων με πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύ 4 KW. Όσον αφορά τους τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες, θεωρήθηκε ότι ο βαθμός απόδοσης ισούται με τη μονάδα δηλαδή δεν υπάρχουν θερμικές απώλειες και το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης είναι 100%. Το δίκτυο διανομής έχει απόδοση 100% ενώ το σύστημα αποθήκευσης παρέχει βαθμό απόδοσης 0,98. Επίσης ελέγχθηκε η ύπαρξη ηλιακών θερμοσιφώνων από τις ορθοφωτογραφίες της ΕΚΧΑ Α.Ε, αλλά κανένα κτήριο δεν διαπιστώθηκε να διαθέτει.
- ✓ **Συστήματα Φωτισμού :**  
Για τα κτήρια με εμπορική χρήση, δηλαδή το κτήριο 1, κτήριο γραφείων και τα ισόγεια με πρόσωπο στην οδό Παπανικολή (6, 5, 4, 3) θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν στις ενεργειακές καταναλώσεις τα συστήματα φωτισμού. Ανάλογα με το είδος των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται, λαμβάνεται η αντίστοιχη τιμή από τον πίνακα 5.1α της Τεχνικής Οδηγίας TOTEE 20701-01, συνυπολογίζοντας την επιφάνεια που φωτίζεται και την στάθμη φωτισμού ανάλογα με τη χρήση, πίνακας 2.4 της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-01 .

### 6.2.5 Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων

Από τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων του κτηρίου το λογισμικό TEE K.Εν.Α.Κ κατατάσσει το κτήριο σε μια κατηγορία ενεργειακής απόδοσης με βάση

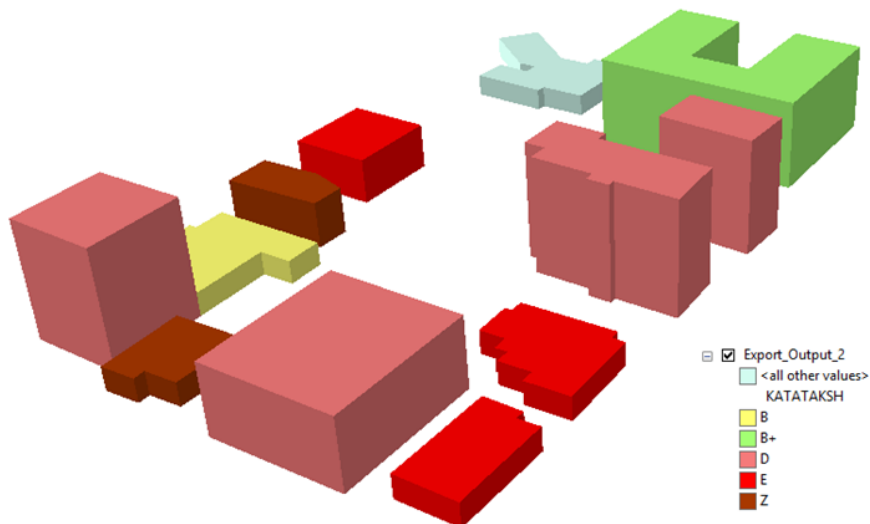
την τιμή του λόγου της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (RR). Οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ είναι επτά στον αριθμό και είναι οι εξής :



Εικόνα 6.4 : Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κ.Εν.Α.Κ

Πηγή : Λογισμικό TEE Κ.Εν.Α.Κ

Η κατηγορία ενεργειακής απόδοσης του κάθε κτηρίου έτσι όπως προέκυψε από την εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών του κάθε κτηρίου μέσω του Λογισμικού Κ.Εν.Α.Κ και των παραδοχών που λήφθηκαν κατά την εισαγωγή των παραμέτρων συγκεντώνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6.5 : Ενεργειακή κατατάξη εξεταζόμενων κτηρίων

Όπως παρατηρείται από την εικόνα τα νεότερα και ανακαινισμένα κτήρια έχουν καλύτερη ενεργειακή κατάταξη από ότι τα παλαιότερα. Το γεγονός αυτό είναι λογικό, καθώς όσο παλαιότερο το κτήριο τόσο λιγότερες πιθανότητες για ύπαρξη θερμομόνωσης στο κέλυφος κτηρίου ή θα διαθέτει ελάχιστες προδιαγραφές

θερμομόνωσης και επίσης τόσο παλαιότερα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα καθώς θεωρήθηκε ότι αυτά τοποθετήθηκαν με την κατασκευή του κτηρίου χωρίς να έχουν αλλάξει μέχρι σήμερα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ενεργειακή κατάσταση του κάθε εξεταζόμενου κτηρίου προκύπτει από την συγκρίση του με το κτήριο αναφοράς το οποίο είναι ένα κτήριο πανομοιότυπο με το εξεταζόμενο, με ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τις ελάχιστες προδιαγραφές των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Συνεπώς θα ήταν αδόκιμο να κριθεί πιο από τα κτήρια καταναλώνει περισσότερη ενέργεια και επιβαρύνει περισσότερο το περιβάλλον από την ενεργειακή τους κατάσταση. Σε μια τέτοια περίπτωση, πρέπει να ελεγχθεί το ποσό πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώνει το κάθε κτήριο για την κάλυψη των αναγκών λειτουργίας του.

### 6.3 Σενάριο Γεωθερμίας για το σύνολο του Ο.Τ

Αφού εκτιμήθηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης στη συνέχεια θεωρήθηκε ένα σενάριο για την χρήση μιας εναλλακτικής μορφής ενέργειας στο σύνολο του οικοδομικού τετραγώνου(Ο.Τ). Η εναλλακτική μορφή ενέργειας που επιλέχθηκε στην προκειμένη περίπτωση, είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η γεωθερμία. Κάνοντας τη θεώρηση πως το σύνολο των κτηρίων του οικοδομικού τετραγώνου θα καλύπτουν τις ανάγκες τους για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης από μια κεντρική γεωθερμική αντλία, θα ελεγχθούν τα ενεργειακά κέρδη από μια τέτοια παρέμβαση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Επιλέχθηκε το σενάριο της γεωθερμικής ενέργειας καθώς αυτή η μορφή ενέργειας συμπεριλαμβάνεται στο λογισμικό TEE K.Εν.Α.Κ, το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα μέλετη για την εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών και επιπλέον η χώρα μας διαθέτει γεωθερμικά πεδία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό τον σκοπό.

#### 6.3.1 Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που μεταφέρεται από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης, ψύξης και Ζεστού Νερού Χρήσης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ολοένα και αυξανόμενες τιμές των συμβατικών καυσίμων σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές και κατ'επέκταση τις επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον που προκύπτουν από την παραγωγή τους, έχει στρέψει το ενδιαφέρον για την έρευνα εναλλακτικών πηγών ενέργειας για την θέρμανση και τον κλιματισμό των κτιριακών εγκαταστάσεων. Η σύγχρονη αντίληψη στις εγκαταστάσεις θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης σε κτήρια είναι η ανάπτυξη συστημάτων που να λειτουργούν με την χρήση ήπιων μορφών ενέργειας, το κόστος τους να είναι μικρότερο και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον όσο το δυνατό πιο περιορισμένες. Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη και ήπια μορφή ενέργειας που είναι ιδιαίτερα αποδοτική, αφού προέρχεται από μια αστείρευτη πηγή όπως είναι η γη.

Η θερμοκρασία του υπεδάφους, σε βάθος από 5 έως 100 μέτρα, είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κυμαίνεται από 18 έως 22°C. Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του υπεδάφους ή των υπογείων υδάτων και της επιφάνειας της γης πραγματοποιείται με τη χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ), οι οποίες αξιοποιούν το ενεργειακό δυναμικό που ονομάζεται αβαθής γεωθερμική ενέργεια, κυρίως για θέρμανση χώρων το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι αλλά και για παροχή ζεστού νερού χρήσης. Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι μία ανεξάντλητη και καθαρή πηγή ενέργειας και είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο χωρίς να εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Η αξιοποίηση της ενέργειας αυτής επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ενός συνδυασμού αντλίας θερμότητας συζευγμένη με γεώτρηση.

Πιο συγκεκριμένα, ένα σύστημα ΓΑΘ αποτελείται από τρία κύρια μέρη (Εικόνα 6.6) :

1. το σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός εδάφους, γεωεναλλάκτης θερμότητας, κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα, το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα στο έδαφος,
2. την αντλία θερμότητας (heat pump) που λειτουργεί όπως οι αντλίες νερού μόνο που ανυψώνει, αντί για νερό, θερμική ενέργεια. Δηλαδή αντλεί ενέργεια από ένα χώρο (π.χ. θερμοκρασίας 5° C) και τη μεταφέρει σε άλλο με υψηλότερη θερμοκρασία (π.χ. 25 ° C) και
3. Το σύστημα θέρμανσης/ψύξης εντός του κτηρίου, που προσδίδει ή απορροφά θερμότητα από το σπίτι (αεραγωγοί ή ενδοδαπέδια ή fan coils). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λειτουργούν και με καλοριφέρ.



Εικόνα 6.6 : Κύρια μέρη συστήματος ΓΑΘ

Πηγή : Google

Ένα γεωθερμικό σύστημα, αξιοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες κάτω από την επιφάνεια του εδάφους για να δεσμεύσει την "ελεύθερη" ενέργεια. Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και τη φέρνει στη μονάδα εσωτερικά του κτηρίου, η οποία αντλεί τη θερμότητα αυτή, σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διανέμει στο κτήριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη θερμότητα από το κτήριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην πιο δροσερή γη. Στην ουσία, το σύστημα ΓΑΘ πραγματοποιεί εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων.

Τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την αβαθή γεωθερμική ενέργεια είναι είτε κλειστού είτε ανοικτού κυκλώματος.

Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος αποτελούνται από υπόγειο δίκτυο με πλαστικούς σωλήνες υψηλής αντοχής, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Οι σωλήνες συνδέονται με την αντλία θερμότητας όπου και ολοκληρώνεται το κύκλωμα στο οποίο κυκλοφορεί διάλυμα νερού με φιλικό προς το περιβάλλον αντιψυκτικό. Ένα κλειστό κύκλωμα συνεχώς ανακυκλοφορεί, υπό πίεση, το διάλυμα που μεταφέρει την θερμότητα. Υπάρχουν δύο τύποι κλειστού κυκλώματος γεωεναλλακτών ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος : ο οριζόντιος και ο κατακόρυφος (Εικόνα 6.7). Παρόλο που οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες έχουν υψηλότερο κόστος χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις καθώς απαιτούν μικρότερο χώρο.



Εικόνα 6.7 : Κατακόρυφος και Οριζόντιος Γεωθερμικός Εναλλάκτης

Πηγή : Google

Οι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος (Εικόνα 6.8) χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα (από λίμνη, πηγάδι, ποτάμι, γεώτρηση ή τη θάλασσα), ως πηγή θερμότητας - ψύξης και χώρου απόθεσης/επιστροφής του νερού. Αντλούν νερό από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της ΓΑΘ και του ανοικτού κυκλώματος, προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα.



Εικόνα 6.8 : Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος

Πηγή : Google



Όσον αφορά την απόδοση του ΓΑΘ, ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα, γεγονός που εξαρτάται από τον σχεδιασμό του συστήματος, την αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας, την ποιότητα εγκατάστασης, το επίπεδο θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής θερμότητας, τις απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτηρίου, και τις κλιματικές συνθήκες στο σημείο τοποθέτησης της αντλίας θερμότητας.

Οι ΓΑΘ βαθμονομούνται και αυτοί σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος προσδιορίζει την ενέργεια που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COP 4-6. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3-5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα. Έτσι, ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%.

Όσον αφορά την εγκατάσταση της ΓΑΘ, αν πρόκειται για εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος, απαιτείται ελεύθερη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του εναλλάκτη το οποίο καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις θέρμανσης/ψύξης του υποστατικού. Για εναλλάκτες ανοικτού τύπου χρειάζεται κάποια πηγή θερμότητας (π.χ. πηγάδι, λίμνη, γεώτρηση) και ένας χώρος απόρριψης/επιστροφής του νερού μετά την ολοκλήρωση του κύκλου. Οι θέσεις των κάθετων γεωτρήσεων συστήνεται να απέχουν τουλάχιστον 6m μεταξύ τους και 3 m από το όριο του τεμαχίου. Γενικότερα, δεν υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ΓΑΘ καθώς ισχύουν ότι και για τα συμβατικά συστήματα.

Τέλος, όσον αφορά τα πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση αυτά συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία :

- + διαθέτουν αξιόπιστη τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον, χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων,
- + αντλούν δωρεάν ενέργεια από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη κτηρίων, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες καθόλη τη διάρκεια του έτους,
- + εξοικονομούν το 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και το 40% για δροσισμό-ψύξη ενός κτηρίου, με αποτέλεσμα να μειώνουν τις δαπάνες των κατοικιών για θέρμανση και κλιματισμό από 25-75% .
- + έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης της εγκατάστασης και του εξοπλισμού, καθώς τα ΓΑΘ δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα.
- + δεν δημιουργούν θόρυβο κατά την λειτουργία τους
- + παρέχουν υψηλής ποιότητας άνεση στους εσωτερικούς χώρους
- + απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε σχέση με το συμβατικό λεβητοστάσιο. Δεν απαιτείται λέβητας, δεξαμενή πετρελαίου, ή καπνοδόχος, ενώ δεν απαιτείται αερόψυκτος ψύκτης για τον κλιματισμό του κτηρίου
- + παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με μία εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.



Κατά αντιστοιχία, συνοπτικά τα μειονεκτήματα ενός ΓΑΘ είναι τα εξής:

- το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων, η αγορά του όμως μπορεί να ενισχυθεί από κρατική χορηγία.
- σε κλειστά κυκλώματα υπάρχει δυσκολία επισκευής μιας διαρροής.
- για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού
- κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηραθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης της κατοικίας.

### 6.3.2 Εμπείρια στην χρήση Γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Και Εξοικονόμησης Ενέργειας(ΚΑΠΕ) σε συνεργασία με τον Δήμο Αγίας Βαρβάρας υλοποίησαν το έργο «Πράσινη Πιλοτική Αστική Γειτονιά», με χρηματοδότηση του Προγράμματος ΕΠΠΕΡΑΑ/ΕΣΠΑ. Η περίοδος διεξαγωγής του έργου ήταν από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι τον Ιούνιο του 2013 και ο προϋπολογισμός του ανέρχεται σε 7,154,194 ευρώ.

Το έργο αυτό έχει σαν στόχο να παρουσιάσει την πιλοτική και καινοτόμο εφαρμογή μιας βιώσιμης οικιστικής αστικής ενότητας «Σχεδόν μηδενικού ισοζυγίου ενέργειας», που κατοικείται από πολίτες χαμηλού εισοδήματος και είναι ενταγμένη σε ένα βελτιστοποιημένο αστικό περιβάλλον. Το έργο αυτό είναι ιδιαίτερα πρωτοποριακό καθώς δεν έχει επιχειρηθεί κάτι παρόμοιο σε επίπεδο γειτονιάς, σε Μεσογειακή Χώρα.

Η «Πράσινη Πιλοτική Αστική Γειτονιά» υλοποιείται σε ένα οικοδομικό τετράγωνο του Δήμου Αγίας Βαρβάρας. Ειδικότερα, πρόκειται για ένα συγκρότημα τεσσάρων τετραόροφων πολυκατοικιών, συνολικού εμβαδού 4.800 τ.μ με 72 διαμερίσματα στο σύνολο, που περικλείουν περιβάλλοντα χώρο συνολικής επιφάνειας 2.500 τ.μ.. Τα κτήρια είναι κατασκευασμένα κατά τη δεκαετία του '60 και έχουν παραχωρηθεί στους κατοίκους από το Υπουργείο Κοινωνικής Πρόνοιας. Το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο κατοικείται από πολίτες χαμηλού εισοδήματος και διαθέτει μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και προοπτικές σημαντικής βελτίωσης του τοπικού μικροκλίματος.

Οι κυριότερες παρεμβάσεις του προγράμματος αφορούν :

- την αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού με σύστημα κλιματισμού Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας
- την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά και ηλιακοί συλλέκτες
- την τοποθέτηση Εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους και στο δάμα των κτηρίων, μειώνοντας τις απώλειες θερμότητας
- την αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα, θερμοδιακοπτόμενα και αντικατάσταση των υαλοστασίων με ενεργειακά διπλά υαλοστάσια
- την τοποθέτηση ψυχρών επιχρισμάτων σε δάμα και κατακόρυφα δομικά στοιχεία

- τα Έξυπνα Δίκτυα στα κτήρια που θα δίνουν τη δυνατότητα στον οποιοδήποτε κάτοικο να ενημερώνεται για το ενεργειακό κόστος του νοικοκυριού του
- την τοποθέτηση Πράσινων οροφών
- επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο που θα βασίζονται στη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας υλικών και στην αύξηση του πρασίνου ώστε να βελτιωθεί το θερμικό ισοζύγιο της περιοχής.



Εικόνα 6.9 : Υπόδειγμα Κτηρίου με παρεμβάσεις

Πηγή : Πράσινη Πιλοτική Αστική Γειτονιά

Η υλοποίηση του έργου έχει σαν αποτέλεσμα κάθε νοικοκυριό να πληρώνει ελάχιστα έως μηδενικά χρήματα για θέρμανση το χειμώνα και δροσισμό το καλοκαίρι, ενώ παράλληλα αναβαθμίστηκε η γειτονιά περιβαλλοντικά, με περισσότερους χώρους πρασίνου, διαθέσιμους για όλους τους κατοίκους.

Όσον αφορά την αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού με σύστημα κλιματισμού Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας χρησιμοποιήθηκαν 40 γήινοι εναλλάκτες των 90 m έκαστος, 8 Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας των 45 kWth, κυκλοφορητές, αντλίες, σωληνώσεις, δοχεία διαστολής, δοχεία αδρανείας, λοιπά εξαρτήματα υδραυλικής εγκατάστασης, μελέτη, εγκατάσταση και εργασίες ηλεκτρολόγου- υδραυλικού, σύστημα θέρμανσης εντός των κτηρίων και 4 εγκαταστάσεις fan-coils εντός των κτηρίων. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης ανέρχεται στα 400.000 ευρώ, ενώ η εξοικονόμηση ενέργειας από αυτό το σύστημα σε σχέση με το συμβατικό είναι 42,38%, η μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι 117,18 T CO<sub>2</sub> και η ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 75%.

Ακόμη, στην διαδικτυακή σελίδα του προγράμματος Πράσινη Πιλοτική Αστική Γειτονιά υπάρχουν όλες οι πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα και τις συνεργαζόμενες βιομηχανίες ενώ επίσης δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου με βάση την χρήση και εισάγοντας στοιχεία σχετικά με το κέλυφος και τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης.

### 6.3.3 Ενεργειακή Απόδοση Ο.Τ με τη Χρήση ΓΑΘ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για το εξεταζόμενο οικοδομικό τετράγωνο θα μελετηθεί το σενάριο χρήσης γεωθερμικής ενέργειας για το σύνολο του οικοδομικού τετραγώνου. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκε η χρήση γεωθερμικών αντλιών με

κατακόρυφους εναλλάκτες για την κάλυψη των ενεργειακών ενός ενιαίου κτηρίου που συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά όλων των κτηρίων του οικοδομικού τετραγώνου. Με άλλα λόγια, θεωρήθηκε ένα κτήριο με συνολική επιφάνεια το άθροισμα των συνολικών επιφανειών όλων των κτηρίων, αριθμό ορόφων το μέσο αριθμό της περιοχής, εν προκειμένω 2 και εμβαδά των αδιαφανών και διαφανών όψων ίσα με το άθροισμα των επιμέρους όψεων των κτηρίων ανά προσανατολισμό. Όσον αφορά στοιχεία όπως τύπος κουφωμάτων, συντελεστές θερμοπερατότητας, κτλ θεώρηθηκαν τα στοιχεία που εμφανίζονται περισσότερο στην περιοχή. Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητες θα καλύπτουν τις ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση, κλιματισμό και ζεστό νερό χρήσης, ενώ το οι αντλίες θα χρησιμοποιούν φυσικό αέριο για την λειτουργία τους.

Η εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών του σεναρίου πραγματοποιήθηκε και αυτή τη φορά μέσω του λογισμικού TEE K.Ev.A.K. Για να αξιολογηθεί η εγκυρότητα της υπόθεσης που πραγματοποιήθηκε, εκτιμήθηκαν τα ενεργειακά του μεγέθη με βάση την ισχύουσα κατάσταση για αυτό το κτήριο μέσω του λογισμικού και συγκρίθηκαν με το μέσο όρο των επιμέρους μεγεθών από την ενεργειακή μελέτη των κτηρίων(κεφάλαιο 6.2). Κατά την σύγκριση δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στα μεγέθη (Πίνακας 6.4) πράγμα που υποδεικνύει ότι η προσομοίωση των κτηρίων του οικοδομικού τετραγώνου σε ένα κτήριο είναι αρκετά κοντά στην πραγματικότητα.

Στην υφιστάμενη κατάσταση, θεωρήθηκε πως το κτήριο διαθέτει κεντρική θέρμανση με λέβητα φυσικού αερίου, καθώς τα περισσότερα κτήρια του Ο.Τ θερμαίνονται με αυτό τον τρόπο. Ακόμη, για τον κλιματισμό χρησιμοποιούνται δέκα κλιματιστικά που λειτουργούν με ηλεκτρισμό, που πρόκυψε από το άθροισμα των κλιματιστικών μονάδων όλων των κτηρίων. Όσον αφορά το ζεστό νερό χρήσης, το άθροισμα των τοπικών ηλεκτρικών θερμοσιφώνων όλων των κτηρίων είναι περίπου 40 που χρησιμοποιούνται τους μήνες που δεν λειτουργεί ο λέβητας θέρμανσης. Οι ενεργειακές καταναλώσεις του ενιαίου κτηρίου μέσα από αυτή την προσέγγιση αλλά και από τους μέσους όρους των κτηρίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

	<b>Προσέγγιση Ενιαίου Κτηρίου</b>	<b>Μέσοι Όροι Κτηρίων</b>
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Θέρμανση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	46,9	49,49
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Κλιματισμό(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	11,1	16,31
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Ζ.Ν.Χ(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	34,5	28,08
<b>Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	142,3	180,12
<b>Συνολικές Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg)</b>	37,5	51,89
<b>Ενεργειακή Κατάταξη</b>	E	-

Πίνακας 6.4 : Ενεργειακές καταναλώσεις ενιαίου κτηρίου με τις δύο προσεγγίσεις

Στην περίπτωση του σεναρίου γεωθερμίας, θεωρήθηκε πως θα τοποθετηθούν 2 ΓΑΘ με κατακόρυφους εναλλάκτες, οι οποίες θα λειτουργούν καταναλώνοντας φυσικό αέριο. Τόσο τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντλιών όσο και το κόστος εγκατάστασης, που εισήχθησαν στο λογισμικό TEE K.Εν.Α.Κ εντοπίστηκαν μετά από διαδικτυακή έρευνα. Έτσι επιλέχθηκε ένας μέσος βαθμός απόδοσης για θέρμανση 4,5 (COP) και 5,5 (EER) για ψύξη, καθώς οι αποδόσεις τέτοιων αντλιών κυμαίνονται από 3-6. Όσον αφορά το κόστος υλοποίησης του σεναρίου αυτού, θεωρήθηκε ότι αυτό ανέρχεται στις 25.000 ευρώ, καθώς η αγορά της μιας γεωθερμικής αντλίας κοστίζει περίπου 8000 ευρώ συν το κόστος των υπόλοιπων αναγκαίων μηχανισμών και το κόστος εγκατάστασης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το λογισμικό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

	<b>Υφιστάμενη κατάσταση</b>	<b>Σενάριο Γεωθερμίας</b>
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Θέρμανση (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	46,9	8,5
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Κλιματισμό(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	11,1	5,0
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Ζ.Ν.Χ(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	34,5	32,4
<b>Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας(kWh/m<sup>2</sup>)</b>	142,3	50,5
<b>Συνολικές Εκπομπές CO2 (kg)</b>	37,5	9,0
<b>Ενεργειακή Κατάταξη</b>	E	B <sup>+</sup>

Πίνακας 6.5 : Ενεργειακές καταναλώσεις ενιαίου κτηρίου για την υφιστάμενη κατάσταση και το σενάριο Γεωθερμίας

Όσον αφορά τα κόστη και την περίοδο αποπληρωμής από την εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, η οικονομοτεχνική ανάλυση μέσω του λογισμικού TEE K.Εν.Α.Κ παρουσιάζεται στην συνέχεια.

Εξοικονόμηση και κόστη	Υφιστάμενη κατάσταση	Σενάριο Γεωθερμίας
Λειτουργικό κόστος (€)	30.797,8	13.326,5
Αρχικό Κόστος Επένδυσης (€)		25.000
Εξοικονόμηση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )		94,1
Εξοικονόμηση Πρωτογενούς Ενέργειας (%)		66,1
Τιμές Εξοικονομούμενης Ενέργειας (€/kWh)		0,1
Μείωση Εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )		28,5
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)		1,4

Πίνακας 6.6 : Οικονομοτεχνική Μελέτη Σεναρίου Γεωθερμίας

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα ένα τέτοιο σενάριο είναι ιδιαίτερα αξιόλογο καθώς μειώνει το λειτουργικό κόστος περίπου στο 55% με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται εξοικονόμηση της πρωτογενούς ενέργειας και η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> να φτάνει το 76 %. Επιπλέον, ένα τέτοιο σενάριο είναι υλοποιήσιμο καθώς η περίοδος αποπληρωμής είναι μόλις 1,4 έτη.

## 6.4 Μετατροπή shp σε gml

Αφού εκτιμήθηκαν όπως προαναφέρθηκε οι ενεργειακές καταναλώσεις, στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του ArcMap ενημέρωση του αρχείου shp με τα ενεργειακά δεδομένα. Κάθε κτήριο αποτελεί μια ξεχωριστή εγγραφή στον Attribute Table του αρχείου. Κατά αυτό τον τρόπο, προστέθηκαν επιπλέον πεδία στον Attribute Table που αφορούν : την ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, την ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό, την ενεργειακή κατανάλωση για Ζεστό Νερό Χρήσης, την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ, τη συνολική κατανάλωση πρωτεγενούς ενέργειας και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> για τις οποίες εύθυνεται το κάθε κτήριο από την κατανάλωση ενέργειας. Τα παραπάνω ενεργειακά δεδομένα για κάθε κτήριο συλλέχθηκαν από την έκδοση των πιστοποιητικών και συγκεντρώθηκαν σε ένα συγκεντρωτικό αρχείο excel, το οποίο στην συνέχεια με την κατάλληλη αντιστοιχία εισήχθηκε, ενσωματώθηκε και ενημέρωσε τον Attribute Table του shp αρχείου των αποτυπωμάτων των κτηρίων.

FID	Shape	OBJECTID	HEATING_EN	COOLING_EN	WARM_WAT	CO2_EMISS	SHAPE
0	Polygon ZM	1	35	26.4	53.2	85.8	39.0
1	Polygon ZM	2	23.8	15.6	45.8	63.3	64.
2	Polygon ZM	3	54.3	16.8	30.5	58.7	53
3	Polygon ZM	5	65.1	24.7	33.4	71.6	43.
4	Polygon ZM	6	41.9	18.1	29.3	56.4	73.1
5	Polygon ZM	7	263.3	43.1	39.1	152.1	39.1
6	Polygon ZM	8	3.9	66.3	65.9	131.6	62.
7	Polygon ZM	9	282.7	889	40	200.4	37.
8	Polygon ZM	10	2667	130	40	2243	45
9	Polygon ZM	11	0	0	0	0	53.8
10	Polygon ZM	13	0	0	0	0	71.1
11	Polygon ZM	14	126.9	63.8	61.8	151.4	47.1

Εικόνα 6.10 : Ενημέρωση του shp στο περιβάλλον ArcMap

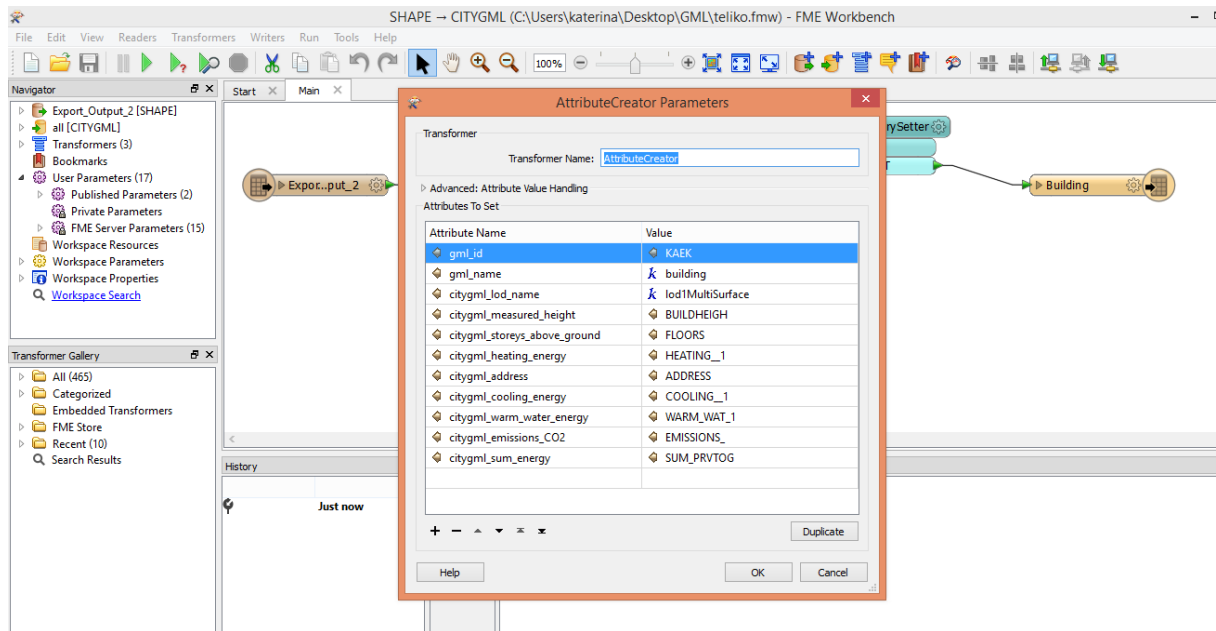
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σκόπος της ενλόγω μελέτης είναι η εκτίμηση, ενσωμάτωση και απεικόνιση των ενεργειακών δεδομένων ως χαρακτηριστικά των κτηρίων ουτως ώστε να πραγματοποιείται καλύτερη διαχείριση των ενεργειακών πόρων από τα κτήρια καθώς αυτά καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας και ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την εκπομπή αέριων ρύπων. Για την ενσωμάτωση και την απεικόνιση των ενεργειακών δεδομένων των κτηρίων ελέγχθηκαν τρισδιάστατα μοντέλα πόλης τα οποία θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν αυτή την πληροφορία.

Εν τέλει επιλέχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο CityGML, καθώς είναι ένα τα ελάχιστα μοντέλα που δίνει την δυνατότητα εισαγωγής σημασιολογικών πληροφοριών στο κτηριακό μοντέλο. Η μετατροπή του shp αρχείου σε gml πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού FME. Το λογισμικό FME, Feature Manipulation Engine της εταιρίας Safe Software, αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο με πολλαπλές δυνατότητες ανάγνωσης και γραφής αρχείων. Πιο συγκεκριμένα, δίνει τη δυνατότητα μετατροπής δεδομένων που εισάγονται από μια μορφή αρχείου σε μια άλλη λαμβάνοντας υπόψιν τόσο την γεωμετρία όσο και τα χαρακτηριστικά.

Όσον αφορά τη δημιουργία CityGML αρχείων μέσω του λογισμικού FME, αυτό τα αναγνωρίζει και τα μετατρέπει με την χρήση κατάλληλων μετατροπέων (transformers) σε αρχεία CityGML version 2.0. Οι μετατροπείς που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής :

- Extruded : με αυτόν τον μετατροπέα δόθηκε ύψος στα αποτυπώματα των κτηρίων, διαβάζοντας το αντίστοιχο πεδίο από το shp
- AttributeCreator : με αυτόν τον μετατροπέα δίνονται τα χαρακτηριστικά των κτηρίων με βάση τα πρότυπα του CityGML όπως gml\_id, gml\_name, citygml\_lod\_name, κτλ. Σε αυτό σημείο πραγματοποιήθηκε και η εισαγωγή των ενεργειακών δεδομένων. Η γλώσσα GML πρόσφατα ανέπτυξε μια επέκταση του κώδικά της για την ενέργεια (Energy ADE), την οποία θα παρουσιάσει τον ερχόμενο Οκτώβρη. Παρόλα αυτά, το λογισμικό FME δεν είναι συμβατό με καμία επέκταση της γλώσσας, με αποτέλεσμα να εισαχθούν τα ενεργειακά δεδομένα με την μορφή citygml\_όνομα χαρακτηριστικού και

να κατατάσσονται στην κατηγορία `_CityGenericObject`. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι στο χαρακτηριστικό `gml_id` δόθηκε η τιμή του ΚΑΕΚ έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί σύνδεση με το Κτηματολόγιο.

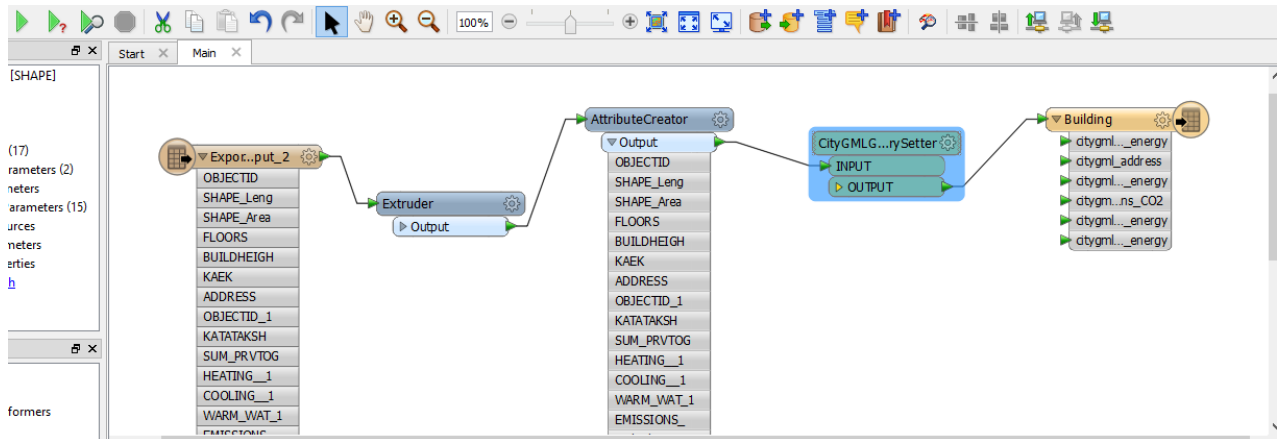


Εικόνα 6.11 : Εισαγωγή CityGML χαρακτηριστικών στο περιβάλλον του FME

- `CityGMLGeometrySetter` : με αυτόν τον μετατροπέα καθορίζεται η γεωμετρία και τοπολογία του gml μοντέλου. Δηλαδή καθορίζεται το όνομα του επιπέδου λεπτομέρειας και ο ρόλος των στοιχείων. Στην προκειμένη περίπτωση, το όνομα του επιπέδου λεπτομέρειας είναι `lod1MultiSurface`, και ο ρόλος των χαρακτηριστικών `boundedBy` καθώς πρόκειται για κτήρια σε επίπεδο λεπτομέρειας 1.

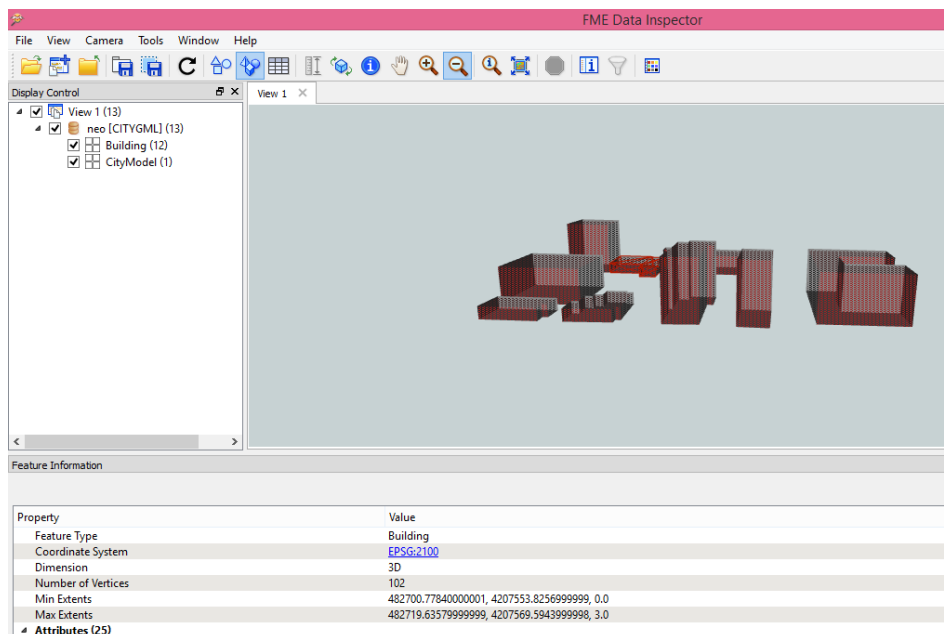
Το εξαγόμενο προϊόν είναι ένα gml αρχείο με όνομα χαρακτηριστού (Feature Class) `Building`, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται τα gml χαρακτηριστικά. Η ροή της μετατροπής στο FME Workbench παρουσιάζεται στο παρακάτω απόσπασμα.





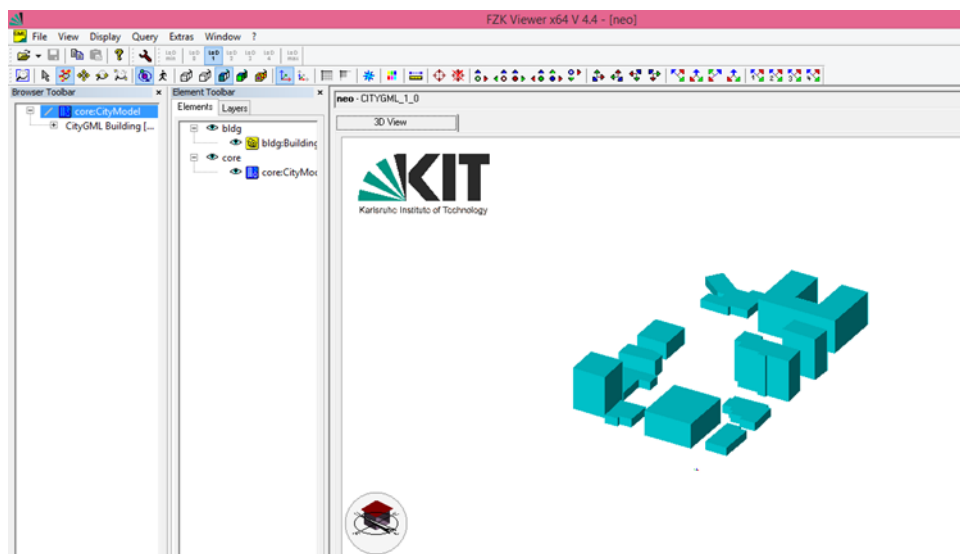
Εικόνα 6.12 : Διάγραμμα μετατροπής shp σε gml στο FME Workbench

Αφού πραγματοποιήθηκε μέσω του διαγράμματος ροής επιτυχώς η μετατροπή, δημιουργήθηκε το gml αρχείο. Η ορθότητα του αρχείου ελέγχθηκε τόσο μέσω του FME Data Inspector, που αποτελεί συμπληρωματικό του λογισμικού FME για την απεικόνιση όλων των μορφών αρχείων με τις οποίες είναι αυτό συμβατό αλλά και μέσω του FZK Viewer που ανέπτυξε το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Karlsruhe (KIT) για την αναπαράσταση των gml αρχείων. Οι δύο αυτές απεικονίσεις παρουσιάζονται στην συνέχεια.



Εικόνα 6.13 : Αναπαράσταση εξαγόμενου gml στο FME Data Inspector





Εικόνα 6.14 : Αναπαράσταση εξαγόμενου gml στο FZK Viewer

Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για το σύνολο του Οικοδομικού Τετραγώνου χωρίς όμως την χρήση του μετατροπέα Extruded, και ορίζοντας στην γεωμετρία lod0MultiSurface καθώς πρόκειται για το ενεργειακό αποτύπωμα του Ο.Τ.

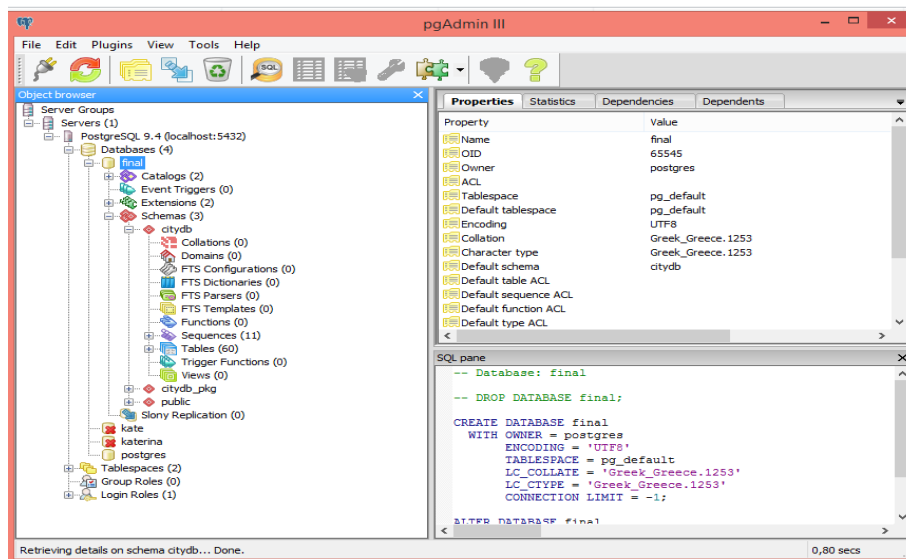
## 6.5 Εισαγωγή gml Αρχείου στην 3D CityDataBase

Τα gml αρχεία που παράχθηκαν, εισήχθησαν στην 3D CityDataBase, ουτως ώστε να πραγματοποιηθεί η αποθήκευση, διαχείριση και απεικόνιση τους. Πιο συγκεκριμένα, η 3D CityDataBase είναι μια δωρεάν 3D γεωβάση δεδομένων για την αποθήκευση, αναπαράσταση και διαχείριση 3D εικονικών – σημασιολογικών μοντέλων πόλης CityGML, σύμφωνα με τα πρότυπα χωρικών σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Το μοντέλο των βάσεων δεδομένων πέρα από την απεικόνιση, περιέχει σημασιολογικό εμπλουτισμό, ιεραρχική δόμηση, αστικά αντικείμενα σε διάφορες κλίμακες διευκολύνοντας την πολύπλοκη μοντελοποίηση του GIS και των εργασιών ανάλυσης. Η 3D CityDataBase συνοδεύεται από πρόσθετο λογισμικό που παρέχει εύκολη ανταλλαγή δεδομένων. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα τα μοντέλα της 3D CityDataBase να εξαχθούν άμεσα σε KML και COLLADA ώστε να πραγματοποιηθεί η οπτικοποίησή τους σε ένα ευρύ φάσμα δημοφιλών και εύχρηστων εφαρμογών όπως Google Earth, ArcGIS και ArcGIS Explorer.

Το κύριο εργαλείο της 3D CityDataBase είναι το 3D CityDataBase Importer/Exporter, από το οποίο πραγματοποιείται η εισαγωγή και η εξαγωγή των gml αρχείων. Πιο συγκεκριμένα, το εργαλείο αυτό δίνει πολλαπλές δυνατότητες όπως την εισαγωγή και εξαγωγή gml αρχείων καθώς επίσης και την εξαγωγή σε kml και Collada για την αναπαράστασή τους στο Google Earth. Ακόμη, επιτρέπει την εισαγωγή ή αντίστοιχα εξαγωγή συγκεκριμένων στοιχείων και χαρακτηριστικών από την βάση σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας. Το μοντέλο δεδομένων της 3D CityDataBase βασίζεται στο πρότυπο CityGML 2.0.0.

Η 3D CityDataBase, όπως προαναφέρθηκε υλοποιείται ως ένα σχήμα σχεσιακής βάσης δεδομένων με τη χρήση χωρικών τύπων δεδομένων που παρέχονται από ένα χωρικά ενισχυμένο σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (SRDBMS). Επιπλέον, οι εξωτερικές εφαρμογές λογισμικού και οι αποθηκευμένες διαδικασίες της βάσης δεδομένων παρέχονται με τον όρο να λειτουργούν σε συγκεκριμένο σχήμα βάσης δεδομένων. Δεδομένου ότι μόνο η Oracle με τη χωρική επιλογή αδειών (10G R2 ή νεότερη) και η PostgreSQL (9.1 ή νεότερη), με την επέκταση PostGIS (2.0 ή νεότερη) προσφέρουν ολοκληρωμένη υποστήριξη για 3D χωρικά δεδομένα, το σχήμα της 3D CityDataBase παρέχεται μόνο για αυτά τα δύο συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, είτε με την Oracle είτε με την PostgreSQL πραγματοποιείται η δημιουργία μιας κενής βάσης δεδομένων, η οποία συνδέεται με τη 3D CityDataBase και μέσα σε αυτή γίνεται η αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων.

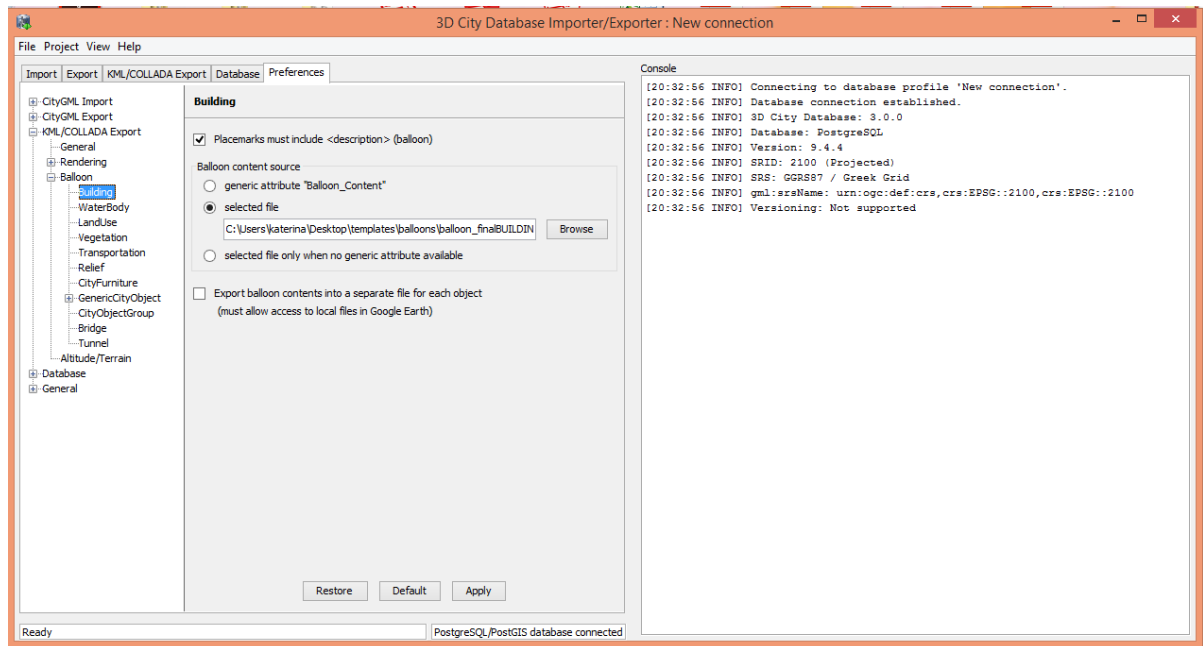
Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε η δημιουργία της χωρικής βάσης μέσω της PostgreSQL, καθώς διατίθεται δωρεάν στους χρήστες σε αντίθεση με την Oracle. Αφού έγινε η εγκατάσταση της PostgreSQL, δημιουργήθηκε στο pgAdmin II μια νέα κενή βάση δεδομένων. Ιδιαίτερη προσοχή κατά την δημιουργία της βάσης πρέπει να δοθεί στον ορισμό του συστήματος αναφοράς, καθώς θα πρέπει να είναι κοινό με αυτό στο οποίο αναφέρονται τα αρχεία που θα εισαχθούν έτσι ώστε να τοποθετηθούν τα δεδομένα στη σωστή θέση. Η νέα βάση που δημιουργείται περιλαμβάνει 60 πίνακες όπου αποθηκεύονται και διαχειρίζονται τα δεδομένα σύμφωνα με την κλάση τους (Feature Class).



Εικόνα 6.15 : Δημιουργία Κενής Βάσης στο περιβάλλον pgAdmin II

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση της βάσης που δημιουργήθηκε με την 3D City DataBase μέσω του προγράμματος 3D City DataBase Importer/Exporter και εισήχθησαν τα gml αρχεία που δημιουργήθηκαν. Από την καρτέλλα Preferences δίνεται η δυνατότητα προσθήκης κουτιού με χαρακτηριστικά (ballon) για κάθε στοιχείο που ανήκει σε ένα Feature Class. Με την εγκατάσταση του προγράμματος αποθηκεύεται και ένα φάκελος με πρότυπα ballons σε .html μορφή αρχείου. Αυτά τα αρχεία επεξεργάστηκαν καταλλήλως ώστε να διαβάζουν και εμφανίζουν από την βάση τα επιθυμητά gml χαρακτηριστικά και εισήχθησαν και αυτά στο πρόγραμμα. Στην εν λόγω μελέτη δημιουργήθηκαν δύο html αρχεία, ένα για το gml αρχείο των

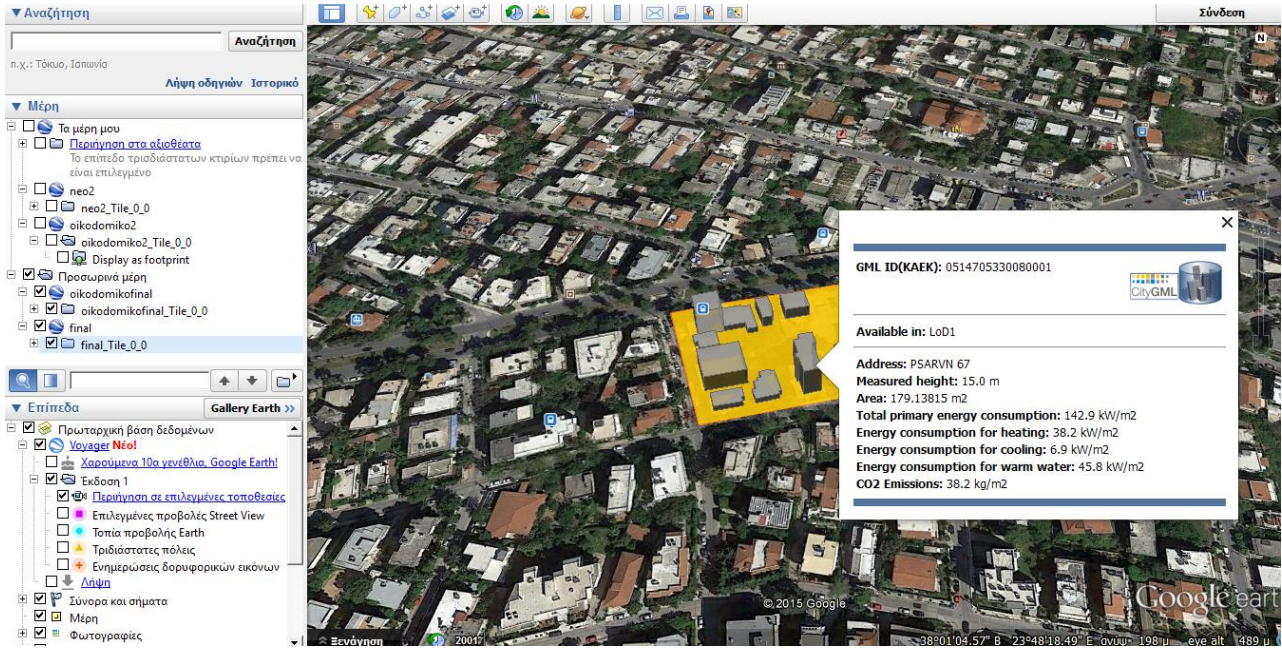
κτηρίων και προφανώς αναφερόταν στο Feature Class Building και ένα για το gml αρχείο του οικοδομικού τετραγώνου που αναφερόταν σε LandUse.



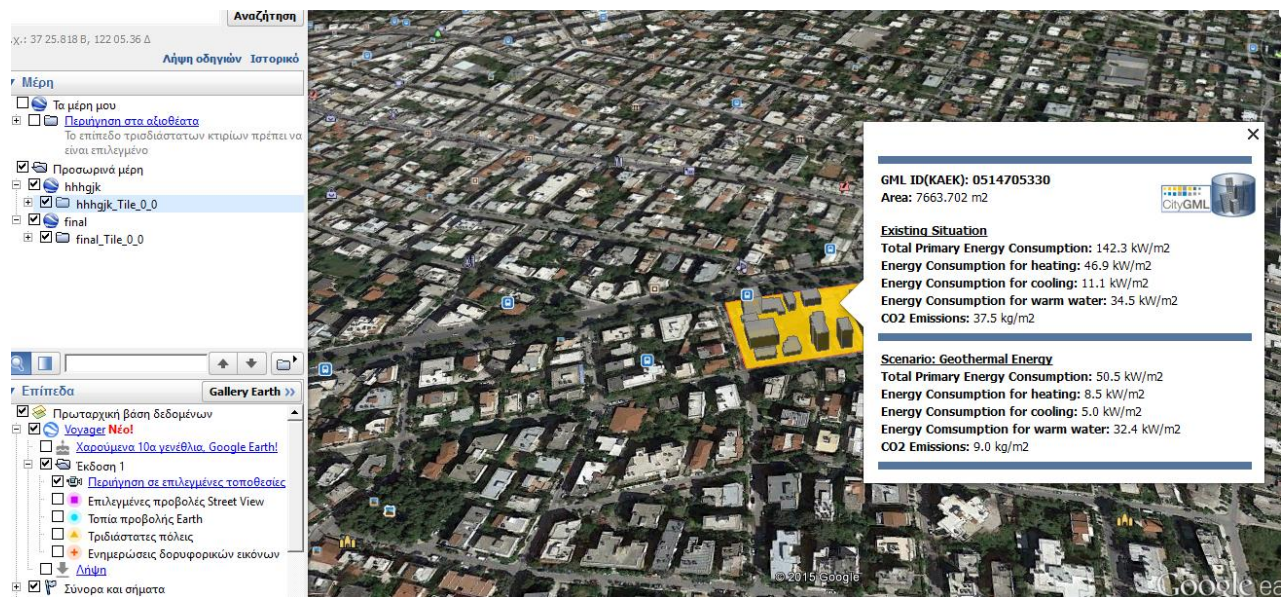
Εικόνα 6.16 : Παράθυρο διαλόγου 3D DataBase Importer/Exporter

Τέλος, επιλέχθηκε η καρτέλλα KML/COLLADA EXPORT και πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή σε kml των μοντέλων gml που εισήχθησαν στη βάση μαζί με τα συνοδευτικά τους balloon. Πραγματοποιήθηκε δοκιμή για την εξαγωγή ενός kml αρχείου που θα περιείχε τόσο τα κτιριακά μοντέλα όσο και το οικοδομικό τετραγώνο, όμως παρατηρήθηκε πως με αυτόν τον τρόπο δεν αναγνωρίζονταν όλα τα στοιχεία των μοντέλων με αποτέλεσμα τα μοντέλα στο Google Earth να έχουν ελλειπίες πληροφορίες. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστά kml αρχεία, ένα για τα κτήρια και ένα για το οικοδομικό τετράγωνο. Κατά την εισαγωγή των αρχείων αυτών στο Google Earth παρουσιάζονται οι κτιριακοί όγκοι και το αποτύπωμα του οικοδομικού τετραγώνου. Επιλέγοντας κάθε κτήριο ή ένα σημείο του αποτυπώματος του Ο.Τ εμφανίζονται τα balloon με κάποια βασικά χαρακτηριστικά και τα ενεργειακά τους δεδομένα όπως φαίνονται στα αποσπάσματα παρακάτω.





Εικόνα 6.17 : Επιλογή κτηρίου στο Google Earth και εμφάνιση των χαρακτηριστικών του



Εικόνα 6.18 : Επιλογή σημείου του O.T στο Google Earth και εμφάνιση των χαρακτηριστικών

Όσον αφορά την διαχείριση των δεδομένων της βάσης, αυτή πραγματοποιείται μέσω του pgAdmin II. Δηλαδή, αν υπάρξει αλλαγή σε κάποιο δεδομένο, π.χ στα ενεργειακά δεδομένα, δίνεται η δυνατότητα να ενημερωθεί το στοιχείο αυτό μέσα από την ίδια τη βάση, αφού φυσικά εντοπιστεί στον κατάλληλο πίνακα, αντί να πραγματοποιηθεί από την αρχή η όλη διαδικασία και να δημιουργηθούν νέα gml αρχεία. Επιπλέον το pgAdmin II, παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης της βάσης με την δημιουργία ερωτημάτων (Queries) σε γλώσσα SQL για τον εντοπισμό εγγραφών στην βάση που συγκεντρώνουν κάποια επιθυμητά χαρακτηριστικά.

## 6.6 Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια, η αλλαγή στην διαχείριση των χωρικών δεδομένων με την ανάπτυξη τρισδιάστατων μοντέλων πόλης και η ανάγκη για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων στα κτήρια έχει οδηγήσει τον επιστημονικό κόσμο στην διερεύνηση και ανάπτυξη μοντέλων για την ενσωμάτωση των δύο αυτών τομέων.

Το διεθνές πρότυπο CityGML είναι από τα ελάχιστα μοντέλα πόλης το οποίο παρέχει την δυνατότητα ενσωμάτωσης των γεωμετρικών και τοπολογικών πληροφοριών με τις σημασιολογικές για πέντε επίπεδα λεπτομέρειας. Στην ουσία η δημιουργία του κτηριακού μοντέλου, πραγματοποιείται με την αποσύνθεση όλων των συστατικών του και την δόμηση της πληροφορίας μέσω του UML μοντέλου. Κάθε συστατικό ανήκει σε μια ομάδα (Feature Class) και τα χαρακτηριστικά του όσο και η σχέση του με τα υπόλοιπα συστατικά καθορίζεται με συγκεκριμένο τρόπο και συμβολισμό. Η ανάπτυξη ενός CityGML μοντέλου δεν θεωρείται εύκολη υπόθεση λόγω της αυστηρής δόμησης των στοιχείων του. Ακόμη, υπάρχει διαλειτουργικότητα του συγκεκριμένου προτύπου με άλλα πρότυπα αν και στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι περιορισμένη λόγω της πολυπλοκότητας του μοντέλου που αυξάνεται με την αύξηση του επιπέδου λεπτομέρειας και της μη ύπαρξης προγραμμάτων που να επιτελούν αυτό τον σκοπό. Το FME είναι το μοναδικό λογισμικό που υποστηρίζει εξολοκήρου την διαλειτουργικότητα μεταξύ ενός μεγάλου φάσματος προτύπων καθώς δίνει τη δυνατότητα με την χρήση των κατάλληλων μετατροπέων την μετάβαση από το ένα πρότυπο στο άλλο. Βέβαια, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στην ανάπτυξη gml μοντέλου μέσω του FME, αφού δεν συμπεριλαμβάνει τις επεκτάσεις και νεότερες εκδόσεις του κώδικα και η δομή των αρχικών δεδομένων συνήθως δεν είναι στα πλαίσια προδιαγραφών του CityGML με αποτέλεσμα να δυσχαιρένεται η μετατροπή.

Στα πλαίσια διεξαγωγής της διπλωματικής αυτής, το πρόγραμμα FME ήταν αποδοτικό για την μετατροπή των shp αρχείων σε gml και την εισαγωγή σημασιολογικών πληροφοριών στο μοντέλο που σχετίζονται με την ενέργεια. Αυτό οφείλεται τόσο στην δομή του shp που εκτός από την γεωμετρική και τοπολογική πληροφορία διαθέτει πίνακα χαρακτηριστικών (Attribute Table), στον οποίο μπορούν να αποθηκευτούν και σημασιολογικές πληροφορίες αλλά και στην απλότητα των παραγόμενων μοντέλων με επίπεδα λεπτομέρειας LOD0 και LOD1.

Η γνώση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτηρίων είναι θέμα μείζονος σημασίας στις μέρες μας. Το γεγονός αυτό γίνεται αντιληπτό από την πραγματοποίηση συντονισμένων προσπαθειών για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς ο κτηριακός τομέας μέσω των ενεργειακών του καταναλώσεων συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ρύπανση της ατμόσφαιρας και συνεπώς στην κλιματική αλλαγή. Για το λόγο αυτό, οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο λάμβανουν μέτρα και αναπτύσσουν μηχανισμούς για τον μετριασμό του φαινομένου. Στην Ελλάδα αυτό πραγματοποιήθηκε με την θέσπιση διαφόρων νόμων όπως οι κανονισμοί θερμομόνωσης και πρόσφατα με τον Κ.Εν.Α.Κ που αποτελεί μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση του ζητήματος καταναλώσεων ενέργειας. Ακόμη, η υποχρεωτική ενεργειακή μελέτη για να νέοδομητα κτήρια και ενεργειακή επιθεώριση για τα παλαιότερα κτήρια κατά την αγοραπωλησία ή την ενοικίαση έχουν ως στόχο την γνώση των ενεργειακών καταναλώσεων ώστε να αναπτυχθεί κατάλληλα το σχέδιο

αντιμετώπισης. Σήμερα, τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης που εκδίδονται καταθέτονται απλά στην διεύθυνση της ΕΥΕΠΕΝ και φυλάσσονται εκεί χωρίς να δέχονται καμία επεξεργασία, με αποτέλεσμα η πληροφορία να μένει ανεκμετάλλευτη.

Η εξέλιξη στην ανάπτυξη τρισδιάστατων μοντέλων πόλης που ενσωματώνουν και σημασιολογική πληροφορία, όπως το CityGML, σίγουρα θα βοηθούσε στην διαχείριση της ενεργειακής πληροφορίας των κτηριακών μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, η ενεργειακή συμπεριφορά των κτηρίων θα ήταν δυνατό να εκτιμηθεί μέσω δυναμικών ενεργειακών συστημάτων ενσωματωμένων στο τρισδιάστατο μοντέλο, τα οποία θα αντλούν πληροφορίες από αυτό. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου πόλης δίνει επίσης τη δυνατότητα προσομοίωσης σχεδίων δράσης για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω της πρόβλεψης των καταναλώσεων από την εφαρμογή τους. Η ανάπτυξη των μοντέλων αυτών, μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην βέλτιστη διαχείριση των καταναλώσεων των κτηρίων, παρόλα αυτά φαντάζει αρκετά μακρινή καθώς δεν έχει λυθεί ακόμη το μείζον ζήτημα του τρισδιάστατου Κτηματολογίου αν και έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες από αρκετές χώρες. Σαφώς, η ανάπτυξη ενός 3D Κτηματολογίου με την προσθήκη των ενεργειακών παραμέτρων θα ήταν ότι καλύτερο για την διαχείριση της πόλης και θα οδηγούσε στην δημιουργία έξυπνων πόλεων. Η προσομοίωση της πόλης μέσα από μια κοινή βάση δεδομένων με πολυεπίπεδη και πολυθεματική πληροφορία σωστά οργανωμένη, μπορεί να δώσει λύση σε πολλά προβλήματα των πόλεων και να συνδράμει ουσιαστικά στην εύρυθμη και αειφόρο ανάπτυξή της.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✓ Balta C., Van der Horst D., Potsiou C. (2015). A Tool to Facilitate Energy Retrofitting Policies for Urban Residencies in Greece, *FIG Working Week*, Sofia, Bulgaria
- ✓ Bittner B., Lechner R., (2004). A policy framework for Energy Performance Assessment for existing dwellings, Arnhem, The Netherlands
- ✓ Dalla Costa S., Roccatello E., Rumora M., (2011). A CITYGML 3D GEODATABASE FOR BUILDINGS' ENERGY EFFICIENCY, *28th Urban Data Management Symposium*, Delft, The Netherlands
- ✓ Dimopoulou, E., Gavanas, I., & Zentelis, P., (2006). 3D Registrations in the Hellenic Cadastre. *Proceedings of XXIII FIG Congress Munich*, Germany
- ✓ Dimopoulou, E. and Elia, E., (2012). Towards a Common Basis for 3D Cadastres from a Legal Perspective. *Joint FIG / UNECE Workshop "Spatial Information, Informal Development, Property and Housing"* Athens, Greece
- ✓ Döllner, J., Baumann, K., & Buchholz, H., (2006). Virtual 3D city models as foundation of complex urban information spaces. In: *Schrenk, M. (Ed.), CORP*, Vienna, Austria
- ✓ Dore, C., & Murphy B., (2013). *Semi-Automatic Modeling of Building Facades with Shape Grammars using Historic Building Information Modeling*. 3DARCH13, pp 57-64
- ✓ Dimopoulou E., Tsiliakou E., Kosti V., Floros G., Labropoulos T., (2014). INVESTIGATING INTEGRATION POSSIBILITIES BETWEEN 3D MODELING TECHNIQUES, *9th International 3DGeoInfo*, Dubai, UAE
- ✓ Elizarova G., Sapelnokov S., Vandysheva N., Pakhomov S., Russian Federation, Van Oosterom, De Vries, Stoter J., Ploeger H., Spiering B., Wouters R., Hoogeveen A., The Netherlands, and Penkov V., Bulgaria. (2012). Russian-Dutch Project "3D Cadastre Modelling in Russia", *3rd International Workshop on 3D Cadastres*, Shenzhen, China
- ✓ Geiger A., Benner J., Haefele K., (2015). Generalization of 3D IFC Building Models. *3D Geoinformation Science, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Switzerland
- ✓ Gröger G., Kolbe T., Czerwinski A., (2006). Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification (City Geography Markup Language), *Open Geospatial Consortium Inc.*
- ✓ Goswell, P., & Jo, J., (2012). *Real-Time 3D City Generation using Shape Grammars with LOD Variations*. Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology (No. 61). World Academy of Science, Engineering and Technology
- ✓ Guo R., Li L., He B., Luo P., Ying P., Zhao Z., Jiang R., PR China. (2011). 3D Cadastre in China - a Case Study in Shenzhen City, *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, Delft, The Netherlands
- ✓ Halatsch, J., Kunze, A., Schmitt, G., (2008). Using Shape Grammars for Master Planning, ETH Zurich, Switzerland
- ✓ Ir. Filip Biljecki, *The concept of level of detail in 3D city models*, GIS Report No. 62, Delft University of Technology
- ✓ J.-M. Bahu, A. Koch, E. Kremers, S.M. Murshed, *TOWARDS A 3D SPATIAL URBAN ENERGY MODELLING APPROACH*, 8th 3DGeoInfo Conference 2013, Istanbul, Turkey



- ✓ Jarroush, J., & Even-Tzur, G., (2004). Constructive solid geometry as the basis of 3D future cadastre., *Proceedings of FIG working Athens, Greece*
- ✓ Jian Zuo , Zhen-YuZhao, Green building research–current status and future agenda:A review , *Renewable and Sustainable Energy Reviews (30) 2014, 271-281*
- ✓ Kaden R. , Kolbe T. (2013). CITY-WIDE TOTAL ENERGY DEMAND ESTIMATION OF BUILDINGS USING SEMANTIC 3D CITY MODELS AND STATISTICAL DATA. *8th 3DGeoInfo Conference, Istanbul, Turkey*
- ✓ Kolbe T., (2009). Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, *3D Geoinformation Sciences, pp 15-31*
- ✓ Kolbe T., Yao Z., Herreruella J., Nagel C., Kunde F., Willkomm P., Hudra G., (2015), 3D Geodatabase for CityGML
- ✓ Krüger, T. H. Kolbe, (2012). BUILDING ANALYSIS FOR URBAN ENERGY PLANNING USING KEY INDICATORS ON VIRTUAL 3D CITY MODELS - THE ENERGY ATLAS OF BERLIN, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Melbourne, Australia*
- ✓ Lee, J. & Zlatanova S., (2008). A 3D data model and topological analyses for emergency response in urban areas, *Geospatial information technology for emergency response, London, Taylor & Francis Group. pp. 143–168*
- ✓ Lemmen, C., van Oosterom, P., Thompson, R., Hespanha, J. P., & Uitermark, H., (2010). The modelling of spatial units (parcels) in the Land Administration Domain Model (LADM)., *XXIV FIG International Congress 2010, Sydney, Australia*
- ✓ Lemmen, C., Van Oosterom, P., Thompson, R., Hespanha, J. P., & Uitermark, H., (2010). The modeling of spatial units (parcels) in the Land Administration Domain Model (LADM), Sydney, Australia
- ✓ Li M., Zhu X., Shen C., Chen D., Guo W. (2012). THE DEVELOPMENT OF CADASTRAL DOMAIN MODEL ORIENTED AT UNIFIED REAL ESTATE REGISTRATION OF CHINA BASED ON ONTOLOGY, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Melbourne, Australia*
- ✓ Maren, G., Shephard, N., Schubiger, S., (2012). Developing with Esri CityEngine, California Gert
- ✓ Mohamed El –Mekawy,(2010) INTEGRATING BIM AND GIS FOR 3D CITY MODELLING, *Department of Urban Planning and Environment Royal Institute of Technology (KTH), SE-100 44 Stockholm, Sweden*
- ✓ Muller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A. , & Gool, L.V., (2006). Procedural Modeling of Buildings. *ACM Transactions on Graphics, 25(3), pp. 614-23*
- ✓ Nouvell R., Zirak1 M., Dastageeri H., Coors V., Eicker U., (2014). URBAN ENERGY ANALYSIS 1 BASED ON 3D CITY MODEL FOR NATIONAL SCALE APPLICATIONS, *IBPSA Germany Conference, RWTH Aachen, Germany*
- ✓ Nouvel R., Schulte C., Eicker U., Pietruschka D., Coors V., (2013) CITYGML-BASED 3D CITY MODEL FOR ENERGY DIAGNOSTICS AND URBAN ENERGY POLICY SUPPORT, *13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France*



- ✓ Parag Sudhir Wate.(2014). 3D GIS Modeling at Semantic Level using CityGML for Urban Segment, *Indian Institute of Remote Sensing, ISRO, India*
- ✓ Parish, Y. I., & Müller, P., (2001). Procedural modeling of cities. ,*Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 301-308)*
- ✓ Papaefthymiou, M., Labropoulos, T., & Zentelis, P., (2004). 3-D Cadastre in Greece. Legal, Physical and Practical Issues. Application on Santorini Island,*Proceedings of the FIG Working Week, Athens*
- ✓ Portele C., (2012). OGC® Geography Markup Language (GML) — Extended schemas and encoding rule, *Open Geospatial Consortium*
- ✓ Oosterom V., Stoter J., Ploeger H., Thompson R., Karki S. (2012). World-wide Inventory of the Status of 3D Cadastres in 2010 and Expectations for 2014. *Proceedings FIG Working Week, Marrakech, Morocco.*
- ✓ Rajabifard A., Kalantari M., Williamson I.(2012). Land and Property Information in 3D. *FIG Working Week, Rome, Italy*
- ✓ Rokos, D., (2001). Conceptual Modelling of Real Property Objects for the Hellenic Cadastre. *Proceedings of the International Workshop on “3D Cadastres”, Registration of properties in strata, Delft, The Netherlands*
- ✓ Sebastian R., Böhms H.M, Bonsma P., P.W. van den Helm. (2013). SEMANTIC BIM AND GIS MODELLING FOR ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS INTEGRATED IN A HEALTHCARE DISTRICT, *8th 3DGeoInfo Conference, Istanbul, Turkey*
- ✓ Şengül A.,(2010). EXTRACTING SEMANTIC BUILDING MODELS FROM AERIAL STEREO IMAGES AND CONVERSION TO CITYGML, *İSTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY, Istanbul, Turkey*
- ✓ Shashi M., Kamal, J., (2010). Use of photogrammetry in 3D modeling and visualization of building
- ✓ Surendra Pal Singh , Kamal Jain,V. Ravibabu Mandla, (2013). VIRTUAL 3D CITY MODELING: TECHNIQUES AND APPLICATION, *ISPRS 8th 3DGeoInfo Conference & WG II/2 Workshop, Istanbul, Turkey*
- ✓ Tsiliakou E., Dimopoulou E., (2011). Adjusting the 2D Hellenic Cadastre to the Complex 3D World – Possibilities and Constraints, *2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, the Netherlands*
- ✓ Tuan, A. N. G. (2013). Overview of Three-Dimensional GIS Data Models. *International Journal of Future Computer and Communication, 2 (3), 270-274.*
- ✓ Vandysheva N., Tikhonov V., Van Oosterom P., Stoter J., Ploeger H., Wouters R., Penkov V., (2011). 3D Cadastre Modelling in Russia, *FIG Working Week 2011, Marrakech, Morocco*
- ✓ Vretanos P., (2006). Geography Markup Language (GML) simple features profile, *Open Geospatial Consortium Inc.*
- ✓ Yao Z., Kolbe T., Chaturvedi K. , *Cloud-based 3D Web Client based on 3D City Database, Lehrstuhl für Geoinformatik*
- ✓ Yalcin G., Seluk O.,(2014). 3D city modeling with Oblique Photogrammetry method, *8<sup>th</sup> International Congerence Interdisciplinarity in Engineering, INT-ENG, Tirgu-Mures, Romania*
- ✓ Zlatanova, S., Stoter, J., & Isikdag, U. (2012). Standards for exchange and storage of 3D information: Challenges and opportunities for emergency

- response. *Proceedings of the Fourth International Conference on Cartography and GIS, Albena, Bulgaria* (pp. 17-28).
- ✓ Δημοπούλου, Ε., (2010). 3D Καταγραφές στο Εθνικό Κτηματολόγιο. Σημειώσεις από τις παραδόσεις του Μαθήματος Θέματος «Ανάπτυξη & Διαχείριση Συστημάτων Κτηματολογίου», Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα
  - ✓ Ελληνική Στατιστική Αρχή, (2013) ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ 2011-2012, Αθήνα
  - ✓ Ζεντέλης, Π., (2009) Σημειώσεις Κτηματολογίου, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
  - ✓ Ζεντέλης Π. (2011), *Περί Κτημάτων Λόγος και Κτηματολόγιο*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
  - ✓ Οδηγία 2002/91/ΕΚ, 16/12/2002, Ενεργειακή Απόδοση κτηρίων, Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων
  - ✓ Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε 20701-01/2010. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, *Έκδοση Β, 2012, Αθήνα*
  - ✓ Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε 20701-01/2010. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίων, 2010, Αθήνα
  - ✓ Τεχνική Οδηγία Τ.Ε.Ε 20701-01/2010. Κλιματικά Δεδομένα ελληνικών περιοχών, 2012, Αθήνα
  - ✓ Τσιλιάκου Ε., (2013). Κανονιστική Μοντελοποίηση στο 3D Κτηματολόγιο-Εφαρμογή στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα
  - ✓ Infotrend Innovations Μεθοδολογία Υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, 2009

### Διαδίκτυο

<http://www.ypeka.gr/>  
<http://exoikonomisi.ypeka.gr/>  
<http://www.wwf.gr/footprint/>  
<http://www.espa.gr/>  
<http://www.esri.com/>  
<http://www.3dcitydb.org/>  
<http://www.ktimatologio.gr/>  
<http://web.tee.gr/>  
<http://www.greenbanking.gr/el/BusinessSectors/geothermia>  
[http://www.amkat.gr/geothermia\\_opcost.php](http://www.amkat.gr/geothermia_opcost.php)  
<http://www.anadrasi.com/geothermia.php>  
<http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/energy/html/anans.htm>  
<http://www.cres.gr/kape/>  
<http://www.ktizontastomellon.gr/>

**Πίνακας 3.13.** Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά  $m^2$  δαπέδου.

Κατηγορία	Περιγραφή	Ανηγγμένη θερμοχωρητικότητα [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]
1	Ελαφριά κατασκευή με ξύλινο σκελετό και στοιχεία πλήρωσης από γυψοσανίδα ή ξύλο και εσωτερική θερμομόνωση σε όλα τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο).	80
2	Φέρων οργανισμός από ελαφριά μεταλλική κατασκευή, πλήρωση από υαλοπετάσματα ή ελαφριά πετάσματα με θερμομόνωση.	110
3	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα, στοιχεία πλήρωσης από ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθους ή γυψοσανίδα και ύπαρξη ψευδοροφών.	165
4	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους.	260
5	Φέρων οργανισμός από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από βαριά υλικά, όπως πέτρα, συμπαγείς οπτόπλινθους, ωμόπλινθους ή σκυρόδεμα.	370

**Πίνακας 2.5.** Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (σε θερμοκρασία 45°C) ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ημερήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.		Ετήσια κατανάλωση Ζ.Ν.Χ.	
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	ανά δομημένη επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά υπνοδωμάτιο [m <sup>3</sup> /υπν./έτος]	ανά δομημένη επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία	50	--	27,38	--
	[ℓ/άτομο/ημέρα]	[ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	ανά κλίνη [m <sup>3</sup> /κλίνη/έτος]	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	100	--	36,50	--
κατηγορίας Lux				
A' και Β' κατηγορίας	80	--	29,20	--
Γ' κατηγορίας	60	--	21,90	--

**Πίνακας 3.26.** Τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	Παράθυρο [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
<b>Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	11,8	15,1
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	9,8	12,5
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	7,9	10,0
<b>Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	7,4	8,7
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	5,3	6,8
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση	4,8	6,2

**Πίνακας 3.4a.** Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτήρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτηρίων (1979).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
<b>Στοιχείο φέροντος οργανισμού σπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)</b>						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
<b>Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)</b>						
<b>Μπατική ή δικέλυφη δομική οπτοπλινθοδομή</b>						
Ανεπίχριστη από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένη και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένη με διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένη με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85
Επενδεδυμένη με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,55	1,35	1,65	0,70	0,70	0,75

**Πίνακας 3.14.** Τυπικές τιμές ανακλαστικότητα και απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Περιγραφή επιφάνειας	Ανακλαστικότητα	Απορροφητικότητα
<b>Κατακόρυφα δομικά στοιχεία</b>		
Επίχρισμα λευκό, λεία επιφάνεια (σπατουλαριστό)	0,70	0,30
Επίχρισμα ανοιχτόχρωμο (π.χ. ανοιχτό γκρι, μπλεζ, κίτρινο, ροζ ή γαλάζιο)	0,60	0,40
Επίχρισμα μέτριας απόχρωσης (π.χ. γκρι, μπλεζ, σκούρη ώχρα, σομόν)	0,40	0,60
Επίχρισμα σκούροχρωμο (π.χ. σκούρο λαδί, καφέ, γκρι)	0,20	0,80
Εμφανής οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,20	0,80
Εμφανής ανοιχτόχρωμη οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή	0,40	0,60
Στίλπνες μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. φύλλα αλουμινίου)	0,80	0,20
Αδιαφανές τμήμα γυάλινης πρόσοψης (π.χ. πάνελ με επικάλυψη γυαλιού)	0,40	0,60
<b>Οριζόντια δομικά στοιχεία (οροφές)</b>		
Κόκκινο κεραμίδι	0,40	0,60
Πολύ σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (ασφαλτόπανα)	0,10	0,90
Σκούρες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με σχιστολιθικές πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια)	0,20	0,80
Ανοιχτόχρωμες επιστρώσεις στεγών ή δωμάτων (π.χ. επικάλυψη με πλάκες πεζοδρομίου, ασφαλτόπανα με χαλαζιακή ψηφίδα)	0,35	0,65
Στίλπνες μεταλλικές επιφάνειες (π.χ. ανακλαστικές μεμβράνες)	0,80	0,20
Γαρμπίλι	0,70	0,30

**Πίνακας 3.15.** Τιμές του συντελεστή εκπομπής (εκπεμπτικότητα) θερμικής ακτινοβολίας.

Περιγραφή επιφάνειας	Συντελεστής εκπομπής
Σύνηθες δομικό υλικό	0,80
Γυαλί	0,90
Σπλιπνές μεταλλικές επιφάνειες	0,20
Γαρμπίλι	0,30

**Πίνακας 3.18.** Συντελεστής σκίασης από ορίζοντα  $F_{hor}$ .

Γωνία α	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ND	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,98	0,97	0,96	0,98	1,00
	ψύξης	1,00	0,98	0,97	0,96	0,96
10°	θέρμανσης	0,96	0,95	0,93	0,95	1,00
	ψύξης	1,00	0,97	0,94	0,92	0,92
15°	θέρμανσης	0,91	0,89	0,86	0,92	1,00
	ψύξης	1,00	0,94	0,90	0,88	0,90
20°	θέρμανσης	0,86	0,84	0,80	0,89	1,00
	ψύξης	1,00	0,92	0,86	0,84	0,87
25°	θέρμανσης	0,73	0,73	0,72	0,87	1,00
	ψύξης	1,00	0,90	0,83	0,82	0,87
30°	θέρμανσης	0,61	0,62	0,65	0,85	1,00
	ψύξης	1,00	0,89	0,81	0,81	0,86
35°	θέρμανσης	0,53	0,54	0,61	0,84	1,00
	ψύξης	0,99	0,85	0,77	0,77	0,86
40°	θέρμανσης	0,44	0,47	0,57	0,83	1,00
	ψύξης	0,98	0,82	0,72	0,73	0,85
45°	θέρμανσης	0,40	0,44	0,55	0,82	1,00
	ψύξης	0,95	0,78	0,68	0,70	0,85
50°	θέρμανσης	0,36	0,40	0,53	0,81	1,00
	ψύξης	0,93	0,74	0,63	0,67	0,85
55°	θέρμανσης	0,34	0,38	0,52	0,81	1,00
	ψύξης	0,89	0,70	0,60	0,65	0,85
60°	θέρμανσης	0,32	0,37	0,51	0,81	1,00
	ψύξης	0,86	0,67	0,57	0,63	0,85
65°	θέρμανσης	0,32	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,79	0,63	0,55	0,63	0,85
≥70°	θέρμανσης	0,31	0,36	0,50	0,81	1,00
	ψύξης	0,73	0,58	0,52	0,62	0,85

**Πίνακας 3.19.** Συντελεστής σκίασης από οριζόντιους προβόλους  $F_{ov}$ .

Γωνία β	Περίοδος	Προσανατολισμός επιφάνειας				
		N	NA και ΝΔ	A και Δ	BA και ΒΔ	B
0°	θέρμανσης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ψύξης	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	θέρμανσης	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
	ψύξης	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
10°	θέρμανσης	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92
	ψύξης	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94
15°	θέρμανσης	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89
	ψύξης	0,84	0,86	0,89	0,90	0,90
20°	θέρμανσης	0,87	0,88	0,88	0,86	0,85
	ψύξης	0,78	0,82	0,85	0,87	0,87
25°	θέρμανσης	0,84	0,84	0,85	0,83	0,81
	ψύξης	0,73	0,77	0,81	0,83	0,84
30°	θέρμανσης	0,80	0,81	0,82	0,80	0,77
	ψύξης	0,67	0,72	0,77	0,80	0,80
35°	θέρμανσης	0,76	0,77	0,78	0,76	0,74
	ψύξης	0,61	0,67	0,72	0,76	0,77
40°	θέρμανσης	0,72	0,73	0,75	0,73	0,70
	ψύξης	0,56	0,62	0,68	0,72	0,74
45°	θέρμανσης	0,68	0,69	0,70	0,69	0,66
	ψύξης	0,51	0,57	0,63	0,68	0,70
50°	θέρμανσης	0,63	0,64	0,66	0,65	0,62
	ψύξης	0,46	0,52	0,58	0,64	0,67
55°	θέρμανσης	0,57	0,58	0,62	0,61	0,59
	ψύξης	0,42	0,48	0,53	0,59	0,63
60°	θέρμανσης	0,50	0,52	0,57	0,57	0,55
	ψύξης	0,39	0,43	0,48	0,55	0,60
65°	θέρμανσης	0,42	0,45	0,50	0,53	0,51
	ψύξης	0,36	0,39	0,43	0,49	0,56
70°	θέρμανσης	0,34	0,37	0,44	0,48	0,47
	ψύξης	0,33	0,34	0,38	0,44	0,52
80°	θέρμανσης	0,17	0,21	0,29	0,38	0,40
	ψύξης	0,17	0,21	0,29	0,38	0,40

**Πίνακας 2.4.** Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ( $W/m^2$ ) κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [ $lx$ ]*	Ισχύς για κτήριο αναφοράς [ $W/m^2$ ]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]
Αίθουσες αναμονής	300	9,6	0,8
Αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο	500	16,0	0,8
Ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομεία	300	9,6	0,8
Βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός	300	9,6	0,8
Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή	300	9,6	0,8
Αστυνομική διεύθυνση	500	16,0	0,8
Εμπορικό κέντρο, αγορά και υπεραγορά	300	9,6	0,8
Κατάστημα, φαρμακείο,	500	16	0,8
Ινστιτούτο γυμναστικής	400	12,8	0,8
Κουρείο, κομμωτήριο	400	12,8	0,8
Γραφείο	500	16,0	0,8
Βιβλιοθήκη	500	16,0	0,8

## 1. Νικηταρά 2-4, κτίριο γραφείων

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B+**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,64**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ				ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	5.2	0.0	0.0	5.6	4.3	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	3.3	0.0	0.0	5.1	2.7	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	1.2	0.0	0.0	5.6	1.0	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.0	0.0	5.6	0.0	2.4	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.9	0.0	5.4	0.0	9.5	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.8	0.0	5.6	0.0	16.5	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	6.1	0.0	5.6	0.0	14.7	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.1	0.0	5.4	0.0	2.7	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	0.6	0.0	0.0	5.4	0.5	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	3.8	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	14.2	19.0	0.0	66.2	11.7	45.8	0.0	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ			
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	4.8	0.0	0.0	1.9
ΦΕΒ	3.0	0.0	0.0	1.8
ΜΑΡ	1.1	0.0	0.0	1.9
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	1.9
ΜΑΙ	0.0	0.3	0.0	1.9
ΙΟΥΝ	0.0	1.4	0.0	1.9
ΙΟΥΛ	0.0	2.4	0.0	1.9
ΑΥΓ	0.0	2.1	0.0	1.9
ΣΕΠ	0.0	0.4	0.0	1.9
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	1.9
ΝΟΕ	0.5	0.0	0.0	1.9
ΔΕΚ	3.5	0.0	0.0	1.9
ΣΥΝ	12.9	6.5	0.0	22.8

## 3. Παπανικολή 138, κατάσταση

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Γ'**ΑΠΟΔΟΣΗ **1,07**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	1.0	0.0	0.0	11.3	0.7	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	0.7	0.0	0.0	10.2	0.5	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	0.4	0.0	0.0	11.3	0.2	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	17.7	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	29.1	0.0	10.9	0.0	43.4	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	32.6	0.0	11.3	0.0	48.6	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	31.1	0.0	11.3	0.0	46.3	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	12.1	0.0	10.9	0.0	18.1	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	0.1	0.0	0.0	10.9	0.1	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	0.6	0.0	0.0	11.3	0.4	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	2.7	104.9	0.0	133.0	1.8	174.2	0.0	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	0.9	0.0	0.0	3.9
ΦΕΒ	0.7	0.0	0.0	3.5
ΜΑΡ	0.3	0.0	0.0	3.9
ΑΠΡ	0.0	0.0	0.0	3.8
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	3.9
ΙΟΥΝ	0.0	10.0	0.0	3.8
ΙΟΥΛ	0.0	11.2	0.0	3.9
ΑΥΓ	0.0	10.7	0.0	3.9
ΣΕΠ	0.0	4.2	0.0	3.8
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	3.9
ΝΟΕ	0.1	0.0	0.0	3.8
ΔΕΚ	0.6	0.0	0.0	3.9
ΣΥΝ	2.6	36.2	0.0	45.9



## 3. Παπανικολή 138, κατοικία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ε**ΑΠΟΔΟΣΗ **1,85**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	13.8	0.0	3.6	0.0	8.6	0.0	2.9	0.0
ΦΕΒ	10.7	0.0	3.2	0.0	6.6	0.0	2.7	0.0
ΜΑΡ	6.9	0.0	3.4	0.0	4.2	0.0	2.8	0.0
ΑΠΡ	0.5	0.0	3.0	0.0	0.3	0.0	2.5	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	10.3	5.3	0.0	0.0	12.9	1.8	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	14.7	4.9	0.0	0.0	18.5	1.6	0.0
ΑΥΓ	0.0	14.1	4.8	0.0	0.0	17.7	1.6	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.5	5.2	0.0	0.0	4.3	1.8	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0
ΝΟΕ	2.5	0.0	3.0	0.0	1.5	0.0	2.4	0.0
ΔΕΚ	9.8	0.0	3.4	0.0	6.1	0.0	2.8	0.0
ΣΥΝ	44.2	42.6	46.2	0.0	27.4	55.9	27.3	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

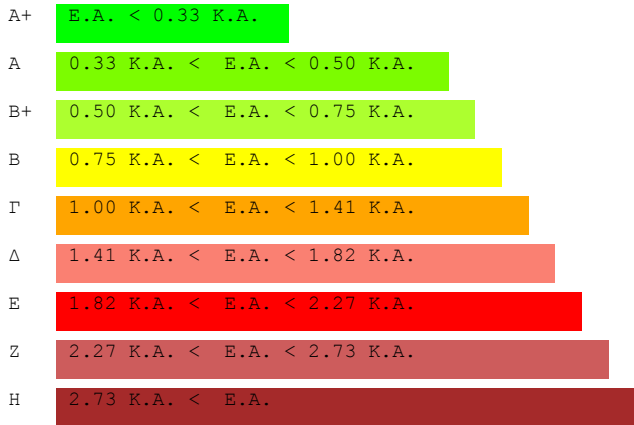
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	13.1	0.0	3.4	0.0
ΦΕΒ	10.2	0.0	3.1	0.0
ΜΑΡ	6.5	0.0	3.3	0.0
ΑΠΡ	0.5	0.0	2.9	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.5	1.8	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	5.1	1.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	4.9	1.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.2	1.8	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.2	0.0
ΝΟΕ	2.4	0.0	2.8	0.0
ΔΕΚ	9.3	0.0	3.2	0.0
ΣΥΝ	41.9	14.7	27.8	0.0

**4. Παπανικολή 136, κατάστημα**



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Γ'**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,01**

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	7.5	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	5.2	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	3.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	33.4	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	43.6	0.0	0.0	0.0	18.3	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	40.6	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	1.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	4.5	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	21.4	127.1	0.0	0.0	10.0	56.2	0.0	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	6.8	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	4.8	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	2.8	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	11.5	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	15.0	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	14.0	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.3	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	1.0	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	4.0	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	19.4	43.8	0.0	0.0

## 4. Παπανικολή 136, κατοικία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ζ**ΑΠΟΔΟΣΗ **2,41**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

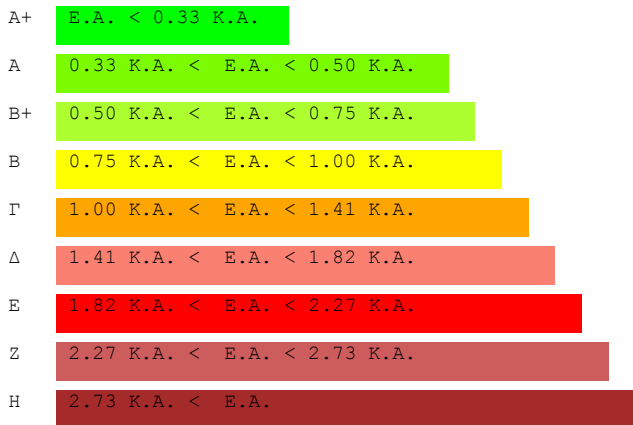
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	14.1	0.0	7.5	0.0	9.7	0.0	2.5	0.0
ΦΕΒ	11.2	0.0	6.8	0.0	7.7	0.0	2.3	0.0
ΜΑΡ	7.5	0.0	7.2	0.0	5.1	0.0	2.4	0.0
ΑΠΡ	0.7	0.0	6.3	0.0	0.5	0.0	2.1	0.0
ΜΑΙ	0.0	1.6	5.7	0.0	0.0	2.0	1.9	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	9.3	4.6	0.0	0.0	11.6	1.6	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	13.9	4.2	0.0	0.0	17.4	1.4	0.0
ΑΥΓ	0.0	13.3	4.2	0.0	0.0	16.7	1.4	0.0
ΣΕΠ	0.0	3.1	4.5	0.0	0.0	3.9	1.5	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0
ΝΟΕ	2.9	0.0	6.2	0.0	1.9	0.0	2.1	0.0
ΔΕΚ	10.1	0.0	7.1	0.0	7.0	0.0	2.4	0.0
ΣΥΝ	46.4	41.1	69.7	0.0	32.0	51.6	23.6	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	12.7	0.0	2.6	0.0
ΦΕΒ	10.1	0.0	2.3	0.0
ΜΑΡ	6.7	0.0	2.5	0.0
ΑΠΡ	0.6	0.0	2.2	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.5	2.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.2	1.6	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	4.8	1.5	0.0
ΑΥΓ	0.0	4.6	1.4	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.1	1.6	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	1.9	0.0
ΝΟΕ	2.6	0.0	2.1	0.0
ΔΕΚ	9.2	0.0	2.5	0.0
ΣΥΝ	41.9	14.2	24.1	0.0

5.Παπανικολή 134, εστιατόριο

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B**  
 ΑΠΟΔΟΣΗ **0,94**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
ΙΑΝ	1.5	0.0	7.8	9.4	1.2	0.0	6.9	0.0
ΦΕΒ	1.1	0.0	7.1	8.5	0.9	0.0	6.3	0.0
ΜΑΡ	0.6	0.0	7.5	9.4	0.5	0.0	6.7	0.0
ΑΠΡ	0.0	0.0	6.6	9.1	0.0	0.0	5.9	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	15.5	9.4	0.0	10.8	5.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	15.0	12.6	9.1	0.0	29.5	4.3	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	17.5	11.5	9.4	0.0	34.5	3.9	0.0
ΑΥΓ	0.0	16.8	11.4	9.4	0.0	33.0	3.9	0.0
ΣΕΠ	0.0	6.2	12.4	9.1	0.0	12.2	4.2	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	15.0	9.4	0.0	0.0	5.1	0.0
ΝΟΕ	0.2	0.0	6.5	9.1	0.1	0.0	5.7	0.0
ΔΕΚ	1.0	0.0	7.4	9.4	0.7	0.0	6.6	0.0
ΣΥΝ	4.5	55.5	121.3	111.0	3.4	120.0	64.6	0.0

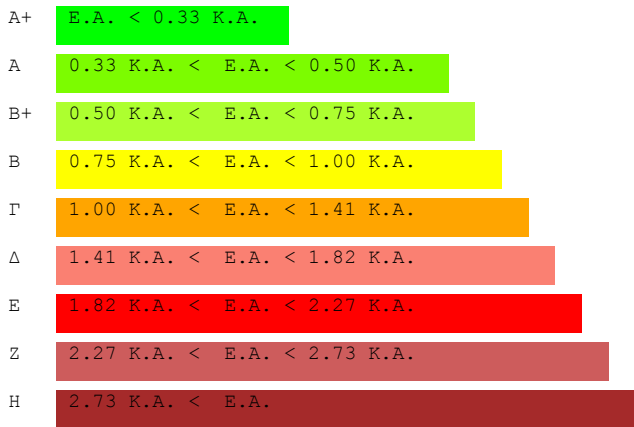
**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ (kWh/m <sup>2</sup> )	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
ΙΑΝ	1.4	0.0	7.5	3.3
ΦΕΒ	1.0	0.0	6.7	2.9
ΜΑΡ	0.6	0.0	7.2	3.3
ΑΠΡ	0.0	0.0	6.3	3.1
ΜΑΙ	0.0	0.0	5.3	3.3
ΙΟΥΝ	0.0	5.2	4.3	3.1
ΙΟΥΛ	0.0	6.1	4.0	3.3
ΑΥΓ	0.0	5.8	3.9	3.3
ΣΕΠ	0.0	2.1	4.3	3.1
ΟΚΤ	0.0	0.0	5.2	3.3
ΝΟΕ	0.2	0.0	6.2	3.1
ΔΕΚ	0.9	0.0	7.1	3.3
ΣΥΝ	4.1	19.1	67.9	38.3

**6. Παπανικολή 132, κατάστημα**



Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,86**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

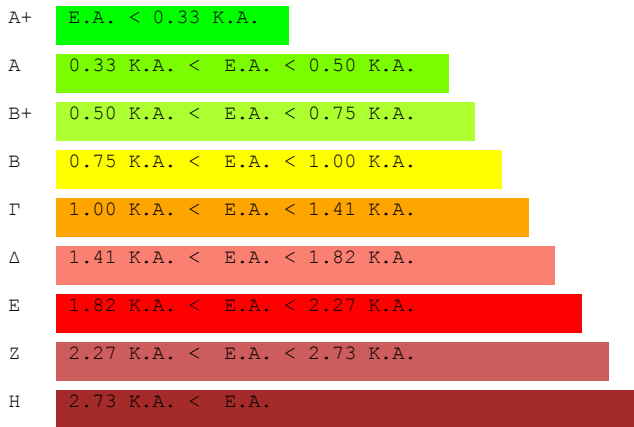
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	11.5	0.0	0.0	4.9	4.3	0.0	0.0	0.0
ΦΕΒ	8.1	0.0	0.0	4.5	3.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΡ	5.1	0.0	0.0	4.9	1.9	0.0	0.0	0.0
ΑΠΡ	0.4	0.0	0.0	4.8	0.1	0.0	0.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	3.8	0.0	4.9	0.0	4.5	0.0	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	15.6	0.0	4.8	0.0	18.3	0.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	24.0	0.0	4.9	0.0	28.2	0.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	22.3	0.0	4.9	0.0	26.2	0.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	4.8	0.0	4.8	0.0	5.7	0.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0
ΝΟΕ	2.1	0.0	0.0	4.8	0.8	0.0	0.0	0.0
ΔΕΚ	7.8	0.0	0.0	4.9	3.0	0.0	0.0	0.0
ΣΥΝ	35.0	70.6	0.0	58.2	13.3	82.9	0.0	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	4.0	0.0	0.0	1.7
ΦΕΒ	2.8	0.0	0.0	1.5
ΜΑΡ	1.8	0.0	0.0	1.7
ΑΠΡ	0.1	0.0	0.0	1.6
ΜΑΙ	0.0	1.3	0.0	1.7
ΙΟΥΝ	0.0	5.4	0.0	1.6
ΙΟΥΛ	0.0	8.3	0.0	1.7
ΑΥΓ	0.0	7.7	0.0	1.7
ΣΕΠ	0.0	1.7	0.0	1.6
ΟΚΤ	0.0	0.0	0.0	1.7
ΝΟΕ	0.7	0.0	0.0	1.6
ΔΕΚ	2.7	0.0	0.0	1.7
ΣΥΝ	12.1	24.4	0.0	20.1

6.Παπανικολή 132, κατοικία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Δ**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,66**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	16.5	0.0	3.9	0.0	11.2	0.0	3.2	0.0
ΦΕΒ	13.2	0.0	3.5	0.0	8.9	0.0	2.9	0.0
ΜΑΡ	9.6	0.0	3.8	0.0	6.5	0.0	3.1	0.0
ΑΠΡ	0.9	0.0	3.3	0.0	0.6	0.0	2.7	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.8	2.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.8	5.9	0.0	0.0	7.4	2.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	7.3	5.4	0.0	0.0	11.4	1.8	0.0
ΑΥΓ	0.0	6.5	5.3	0.0	0.0	10.1	1.8	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.0	5.8	0.0	0.0	1.5	2.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
ΝΟΕ	5.4	0.0	3.2	0.0	3.6	0.0	2.7	0.0
ΔΕΚ	13.2	0.0	3.7	0.0	9.0	0.0	3.1	0.0
ΣΥΝ	58.9	19.5	58.1	0.0	39.9	31.2	30.2	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	15.7	0.0	3.7	0.0
ΦΕΒ	12.5	0.0	3.4	0.0
ΜΑΡ	9.2	0.0	3.6	0.0
ΑΠΡ	0.9	0.0	3.1	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.5	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.6	2.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.5	1.9	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.2	1.8	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.3	2.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.4	0.0
ΝΟΕ	5.1	0.0	3.1	0.0
ΔΕΚ	12.6	0.0	3.5	0.0
ΣΥΝ	56.0	6.7	33.0	0.0

## 7. Υψηλάντου 13, κατοικία



Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ζ**ΑΠΟΔΟΣΗ **2,49**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	50.5	0.0	5.3	0.0	32.3	0.0	4.1	0.0
ΦΕΒ	40.5	0.0	4.8	0.0	25.9	0.0	3.7	0.0
ΜΑΡ	30.2	0.0	5.1	0.0	19.3	0.0	4.0	0.0
ΑΠΡ	5.1	0.0	4.4	0.0	3.2	0.0	3.5	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	1.4	3.1	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	10.3	7.5	0.0	0.0	12.8	2.5	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	18.4	6.8	0.0	0.0	22.9	2.3	0.0
ΑΥΓ	0.0	16.1	6.8	0.0	0.0	19.9	2.3	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.8	7.3	0.0	0.0	2.3	2.5	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0
ΝΟΕ	19.5	0.0	4.3	0.0	12.5	0.0	3.4	0.0
ΔΕΚ	41.8	0.0	5.0	0.0	26.8	0.0	3.9	0.0
ΣΥΝ	187.7	46.7	75.4	0.0	120.0	59.3	38.4	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	45.9	0.0	4.8	0.0
ΦΕΒ	36.7	0.0	4.3	0.0
ΜΑΡ	27.4	0.0	4.6	0.0
ΑΠΡ	4.6	0.0	4.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	3.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.6	2.6	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	6.4	2.4	0.0
ΑΥΓ	0.0	5.5	2.3	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.6	2.5	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	3.1	0.0
ΝΟΕ	17.7	0.0	3.9	0.0
ΔΕΚ	38.0	0.0	4.5	0.0
ΣΥΝ	170.4	16.1	42.3	0.0

## 8. Υψηλάντου 15, κατοικία



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Δ**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,80**

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	17.3	0.0	3.7	0.0	10.8	0.0	3.1	0.0
ΦΕΒ	13.7	0.0	3.3	0.0	8.6	0.0	2.8	0.0
ΜΑΡ	9.9	0.0	3.5	0.0	6.2	0.0	3.0	0.0
ΑΠΡ	0.9	0.0	3.1	0.0	0.6	0.0	2.6	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.8	2.3	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	5.2	5.6	0.0	0.0	7.4	1.9	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	8.1	5.1	0.0	0.0	11.4	1.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	7.3	5.1	0.0	0.0	10.3	1.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.1	5.5	0.0	0.0	1.6	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	5.3	0.0	3.0	0.0	3.3	0.0	2.6	0.0
ΔΕΚ	13.7	0.0	3.5	0.0	8.6	0.0	2.9	0.0
ΣΥΝ	60.8	21.7	55.1	0.0	37.9	31.5	28.8	0.0

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	16.4	0.0	3.5	0.0
ΦΕΒ	13.1	0.0	3.2	0.0
ΜΑΡ	9.4	0.0	3.4	0.0
ΑΠΡ	0.9	0.0	3.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.8	1.9	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.8	1.8	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.5	1.8	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.4	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	5.0	0.0	2.9	0.0
ΔΕΚ	13.1	0.0	3.3	0.0
ΣΥΝ	57.8	7.5	31.3	0.0



## 9. Ψαρών 63, κατοικία



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **E**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **2,02**

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A+	Ε.Α. < 0.33 Κ.Α.
A	0.33 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.50 Κ.Α.
B+	0.50 Κ.Α. < Ε.Α. < 0.75 Κ.Α.
B	0.75 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.00 Κ.Α.
Γ	1.00 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.41 Κ.Α.
Δ	1.41 Κ.Α. < Ε.Α. < 1.82 Κ.Α.
Ε	1.82 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.27 Κ.Α.
Ζ	2.27 Κ.Α. < Ε.Α. < 2.73 Κ.Α.
Η	2.73 Κ.Α. < Ε.Α.

Ενεργειακά μη αποδοτικό

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	30.2	0.0	4.3	0.0	18.8	0.0	3.5	0.0
ΦΕΒ	24.2	0.0	3.9	0.0	15.1	0.0	3.2	0.0
ΜΑΡ	18.2	0.0	4.1	0.0	11.3	0.0	3.4	0.0
ΑΠΡ	2.6	0.0	3.6	0.0	1.6	0.0	3.0	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	1.0	2.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	8.6	6.4	0.0	0.0	9.8	2.2	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	14.6	5.9	0.0	0.0	16.5	2.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	13.0	5.8	0.0	0.0	14.7	2.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.8	6.3	0.0	0.0	2.0	2.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0
ΝΟΕ	10.3	0.0	3.5	0.0	6.4	0.0	2.9	0.0
ΔΕΚ	24.3	0.0	4.1	0.0	15.1	0.0	3.3	0.0
ΣΥΝ	109.7	38.0	63.3	0.0	68.3	44.1	32.8	0.0

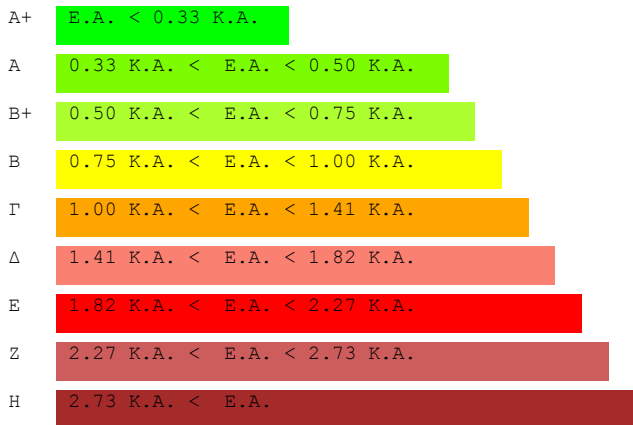
## ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

## ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	28.7	0.0	4.1	0.0
ΦΕΒ	23.0	0.0	3.7	0.0
ΜΑΡ	17.3	0.0	3.9	0.0
ΑΠΡ	2.4	0.0	3.5	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	3.0	2.2	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	5.0	2.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	4.5	2.0	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.6	2.2	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.6	0.0
ΝΟΕ	9.8	0.0	3.4	0.0
ΔΕΚ	23.1	0.0	3.9	0.0
ΣΥΝ	104.3	13.1	36.1	0.0

10. Ψαρών 65, κατοικία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ε**

ΑΠΟΔΟΣΗ **1,91**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

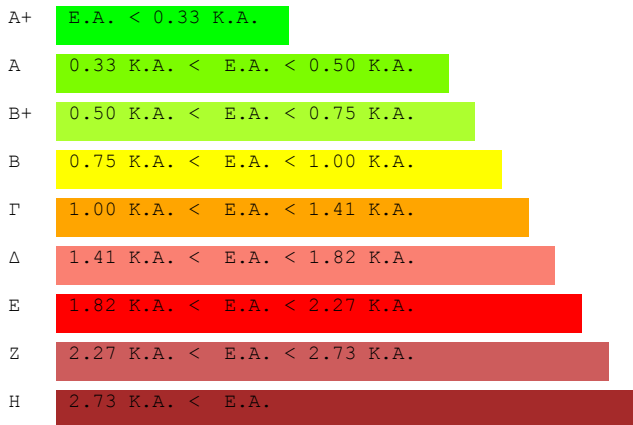
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	21.6	0.0	3.9	0.0	13.4	0.0	3.2	0.0
ΦΕΒ	17.5	0.0	3.5	0.0	10.9	0.0	2.9	0.0
ΜΑΡ	13.4	0.0	3.8	0.0	8.4	0.0	3.1	0.0
ΑΠΡ	1.6	0.0	3.3	0.0	1.0	0.0	2.7	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.5	2.4	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	5.8	5.8	0.0	0.0	6.6	2.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	9.9	5.3	0.0	0.0	11.1	1.8	0.0
ΑΥΓ	0.0	8.8	5.3	0.0	0.0	10.0	1.8	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.2	5.7	0.0	0.0	1.3	1.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
ΝΟΕ	7.5	0.0	3.2	0.0	4.7	0.0	2.6	0.0
ΔΕΚ	17.4	0.0	3.7	0.0	10.8	0.0	3.0	0.0
ΣΥΝ	79.0	25.7	57.7	0.0	49.2	29.6	29.9	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	20.5	0.0	3.7	0.0
ΦΕΒ	16.7	0.0	3.4	0.0
ΜΑΡ	12.8	0.0	3.6	0.0
ΑΠΡ	1.5	0.0	3.1	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.5	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.0	2.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	3.4	1.8	0.0
ΑΥΓ	0.0	3.0	1.8	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.4	2.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.4	0.0
ΝΟΕ	7.1	0.0	3.1	0.0
ΔΕΚ	16.6	0.0	3.5	0.0
ΣΥΝ	75.2	8.8	32.9	0.0

11. Ψαρών 67, κατοικία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ Δ

ΑΠΟΔΟΣΗ 1,55

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	11.6	0.0	5.2	0.0	9.8	0.0	4.8	0.0
ΦΕΒ	9.2	0.0	4.7	0.0	7.7	0.0	4.4	0.0
ΜΑΡ	6.5	0.0	5.0	0.0	5.5	0.0	4.6	0.0
ΑΠΡ	0.6	0.0	4.4	0.0	0.5	0.0	4.1	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	10.8	0.0	0.0	0.9	3.6	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	4.8	8.8	0.0	0.0	7.6	3.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	7.3	8.0	0.0	0.0	11.7	2.7	0.0
ΑΥΓ	0.0	6.7	7.9	0.0	0.0	10.7	2.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.2	8.6	0.0	0.0	2.0	2.9	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0
ΝΟΕ	3.2	0.0	4.3	0.0	2.6	0.0	4.0	0.0
ΔΕΚ	9.1	0.0	4.9	0.0	7.6	0.0	4.6	0.0
ΣΥΝ	40.1	20.0	82.8	0.0	33.7	32.9	44.9	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

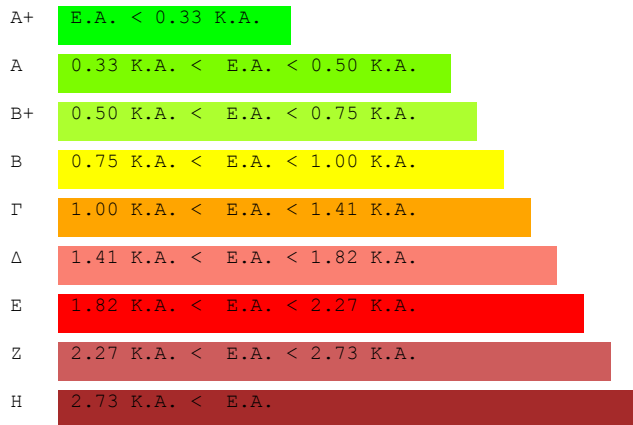
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ZNX	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	11.1	0.0	4.9	0.0
ΦΕΒ	8.7	0.0	4.4	0.0
ΜΑΡ	6.2	0.0	4.7	0.0
ΑΠΡ	0.6	0.0	4.2	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	3.7	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.6	3.0	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	2.5	2.8	0.0
ΑΥΓ	0.0	2.3	2.7	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.4	3.0	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	3.6	0.0
ΝΟΕ	3.0	0.0	4.1	0.0
ΔΕΚ	8.6	0.0	4.7	0.0
ΣΥΝ	38.2	6.9	45.8	0.0

12. Ψαρών 69, κατοικία



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Δ**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,55**

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης



Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

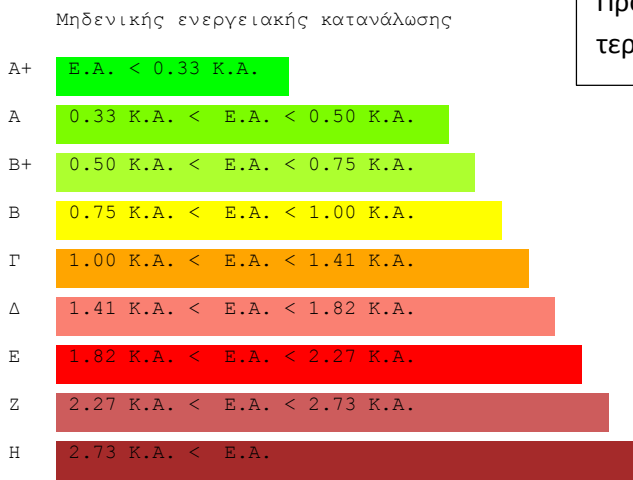
**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	16.8	0.0	6.3	0.0	14.4	0.0	5.6	0.0
ΦΕΒ	13.2	0.0	5.7	0.0	11.3	0.0	5.1	0.0
ΜΑΡ	9.1	0.0	6.1	0.0	7.8	0.0	5.4	0.0
ΑΠΡ	1.0	0.0	5.3	0.0	0.9	0.0	4.7	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	1.5	4.2	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	7.2	10.2	0.0	0.0	11.1	3.4	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	10.9	9.3	0.0	0.0	16.6	3.1	0.0
ΑΥΓ	0.0	9.9	9.2	0.0	0.0	15.1	3.1	0.0
ΣΕΠ	0.0	1.7	10.0	0.0	0.0	2.6	3.4	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0
ΝΟΕ	5.2	0.0	5.2	0.0	4.5	0.0	4.6	0.0
ΔΕΚ	13.5	0.0	6.0	0.0	11.6	0.0	5.3	0.0
ΣΥΝ	58.9	29.8	98.1	0.0	50.5	46.9	52.2	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	16.0	0.0	6.0	0.0
ΦΕΒ	12.5	0.0	5.4	0.0
ΜΑΡ	8.7	0.0	5.8	0.0
ΑΠΡ	0.9	0.0	5.1	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	4.3	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.5	3.5	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	3.8	3.2	0.0
ΑΥΓ	0.0	3.4	3.2	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.6	3.4	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	4.2	0.0
ΝΟΕ	5.0	0.0	5.0	0.0
ΔΕΚ	12.8	0.0	5.7	0.0
ΣΥΝ	56.0	10.3	54.9	0.0

Προσέγγιση σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **Ε**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **1,99**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

**ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

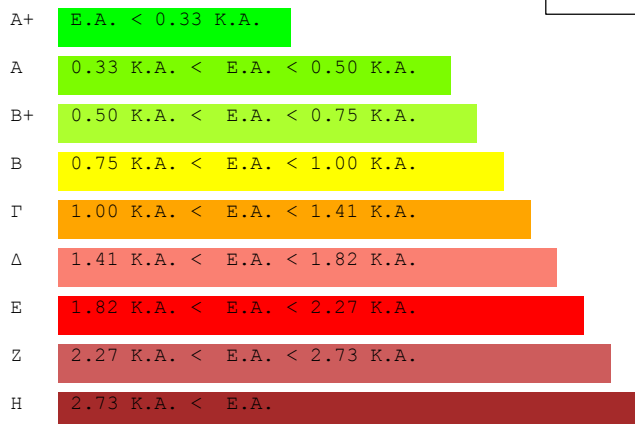
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	14.8	0.0	4.1	0.0	11.2	0.0	3.4	0.0
ΦΕΒ	11.7	0.0	3.7	0.0	8.9	0.0	3.1	0.0
ΜΑΡ	8.0	0.0	3.9	0.0	6.0	0.0	3.3	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	3.4	0.0	0.6	0.0	2.9	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	2.2	2.6	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	7.5	6.2	0.0	0.0	12.8	2.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	11.3	5.7	0.0	0.0	19.4	1.9	0.0
ΑΥΓ	0.0	10.9	5.6	0.0	0.0	18.6	1.9	0.0
ΣΕΠ	0.0	2.4	6.1	0.0	0.0	4.2	2.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
ΝΟΕ	3.2	0.0	3.3	0.0	2.4	0.0	2.8	0.0
ΔΕΚ	10.8	0.0	3.9	0.0	8.1	0.0	3.2	0.0
ΣΥΝ	49.3	32.2	60.8	0.0	37.3	57.2	31.7	0.0

**ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	14.1	0.0	3.9	0.0
ΦΕΒ	11.2	0.0	3.5	0.0
ΜΑΡ	7.6	0.0	3.7	0.0
ΑΠΡ	0.8	0.0	3.3	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.6	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	2.6	2.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	3.9	2.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	3.8	1.9	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.8	2.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.5	0.0
ΝΟΕ	3.1	0.0	3.2	0.0
ΔΕΚ	10.2	0.0	3.7	0.0
ΣΥΝ	46.9	11.1	34.5	0.0

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

Σενάριο Γεωθερμίας



ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ **B+**  
ΑΠΟΔΟΣΗ **0,67**

Ενεργειακά μη αποδοτικό

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΥΓΡΑΝΣΗ
	(kWh/m <sup>2</sup> )				(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	2.7	0.0	3.7	0.0	11.2	0.0	3.4	0.0
ΦΕΒ	2.1	0.0	3.3	0.0	8.9	0.0	3.1	0.0
ΜΑΡ	1.4	0.0	3.5	0.0	6.0	0.0	3.3	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	3.1	0.0	0.6	0.0	2.9	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.2	2.6	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.2	2.2	0.0	0.0	12.8	2.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	1.9	2.0	0.0	0.0	19.4	1.9	0.0
ΑΥΓ	0.0	1.8	2.0	0.0	0.0	18.6	1.9	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.4	2.2	0.0	0.0	4.2	2.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
ΝΟΕ	0.6	0.0	3.0	0.0	2.4	0.0	2.8	0.0
ΔΕΚ	1.9	0.0	3.5	0.0	8.1	0.0	3.2	0.0
ΣΥΝ	8.9	5.3	34.0	0.0	37.3	57.2	31.7	0.0

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΖΝΧ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
	(kWh/m <sup>2</sup> )			
ΙΑΝ	2.5	0.0	3.5	0.0
ΦΕΒ	2.0	0.0	3.1	0.0
ΜΑΡ	1.4	0.0	3.4	0.0
ΑΠΡ	0.1	0.0	2.9	0.0
ΜΑΙ	0.0	0.0	2.6	0.0
ΙΟΥΝ	0.0	1.2	2.1	0.0
ΙΟΥΛ	0.0	1.8	2.0	0.0
ΑΥΓ	0.0	1.7	1.9	0.0
ΣΕΠ	0.0	0.4	2.1	0.0
ΟΚΤ	0.0	0.0	2.5	0.0
ΝΟΕ	0.6	0.0	2.9	0.0
ΔΕΚ	1.8	0.0	3.3	0.0
ΣΥΝ	8.5	5.0	32.4	0.0