



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εμπλουτισμός σημασιολογικής πληροφορίας τρισδιάστατου μοντέλου πόλης  
(CityGML) με δεδομένα ακινήτων βραχυχρόνιας μίσθωσης**

ΖΗΚΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δημοπούλου Έφη

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022



## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Τοπογραφίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και σηματοδοτεί την περάτωση των προπτυχιακών μου σπουδών. Η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την συμβολή κάποιων προσώπων για τα οποία είμαι ευγνώμων.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Έφη Δημοπούλου, για την παρότρυνση ενασχόλησης με το συγκεκριμένο αντικείμενο και την επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτωρ της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής, κ. Τάσο Λαμπρόπουλο, για τις συμβουλές του και την καθοδήγησή του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους συγγενείς μου για την αδιάκοπη ψυχολογική στήριξη, την υπομονή, την εμπιστοσύνη και την υποστήριξη τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μία εποχή συνεχόμενων αλλαγών σε ποικίλους τομείς καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει ο τομέας της τεχνολογίας. Συστήματα που πριν απαιτούσαν πανάκριβο εξοπλισμό και μεγάλο χρόνο υλοποίησης έχουν πλέον αντικατασταθεί από πιο σύντομες και οικονομικές λύσεις διευκολύνοντας το τρόπο ζωής. Μέσα από αυτή την ανάγκη για εξελισιμότητα, το ερευνητικό ενδιαφέρον στράφηκε και προς την τρίτη διάσταση.

Ήδη έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές 3Δ μοντελοποίησης. Ιδιαίτερο, όμως, ενδιαφέρον έχει εκτός της γεωμετρικής και τοπολογικής προσέγγισης μια τέτοιας μοντελοποίησης και ο εμπλουτισμός της με σημασιολογική πληροφορία. Την δυνατότητα αυτή παρέχει το ανοιχτό πρότυπο CityGML.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, μελετώνται τα βασικά ζητήματα της 3Δ μοντελοποίησης χωρικών αντικειμένων και πόλεων και ιδιαίτερα τα βασικά στοιχεία και οι δυνατότητες του CityGML προτύπου, το οποίο αποτελεί το βασικό εργαλείο, προκειμένου να παραχθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Η τρισδιάστατη αυτή απεικόνιση αφορά 198 κτίρια στην περιοχή της Χαλκίδας σε επίπεδο λεπτομέρειας LoD2, 21 από τα οποία έχουν την ιδιαιτερότητα ότι η κύρια τους χρήση είναι η βραχυχρόνια μίσθωση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα λογισμικά πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση αυτή ήταν τα Autocad, QGIS, PgAdmin4, PostgreSQL 3DCityDB και FME.

**Λέξεις- Κλειδιά :** 3D Μοντελοποίηση, CityGML, Βραχυχρόνια μίσθωση, FME, PostgreSQL, 3DcityDB, UML.

## ABSTRACT

In an era of continuous change, the field of technology plays a key role in various fields. Systems that previously required expensive equipment and long implementation time have now been replaced by shorter and less cost-effective solutions. So, this need for development led the scientific interest to turn to the third dimension.

Although various 3D modeling techniques have already been developed, the enrichment of the model with the semantics, apart from geometry and topology, is of particular interest. This feature is provided by the CityGml standard.

This diploma thesis studies the main potential of 3D modeling of spatial objects and cities, particularly the main elements and capabilities of the CityGML standard, which was selected in order to produce a three-dimensional model. This 3D visualization concerns 198 buildings in the area of Chalkida at the level of detail LoD2, 21 of which are distinct in that their main use is short-term lease. Finally, it is worth mentioning that the software packages used for this implementation were Autocad, QGIS, PgAdmin4, PostgreSQL 3DCityDB and FME.

**KEYWORDS** : 3D Modelling, CityGML , short-term leasing, FME, PostgreSQL, 3DCityDB, UML.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π) είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους, διότι έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν τα χωρικά με τα περιγραφικά δεδομένα, κάτι το οποίο συμβάλλει στην υλοποίηση της χωρικής ανάλυσης. Επιτρέπει στους χρήστες να αποτυπώσουν το πραγματικό κόσμο, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν χαρτογραφικά. Η δισδιάστατη εμφάνιση των γεωγραφικών πληροφοριών ήταν κατανοητή, παρόλο που ο πραγματικός κόσμος είναι 3D. Η χρήση της τρίτης διάστασης στα Σ.Γ.Π. και η αποδοχή της από το μεγαλύτερο μέρος της κοινότητας ήταν περιορισμένη. Με τη πάροδο του χρόνου, όμως, έγινε αντιληπτό ότι ο ορισμός ενός 3D Σ.Γ.Π. είναι σχετικός με αυτόν ενός 2D, με τη σημαντική διαφορά ότι η πληροφορία σχετίζεται πλέον με 3D χωρικά φαινόμενα.

Στον τομέα της 3D απεικόνισης, λοιπόν, παρουσιάζονται ραγδαίες εξελίξεις, αφού οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας (όπως ισχύς των υπολογιστών και εργαλεία για 3D απεικόνιση) έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Σπουδαίο ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις παίζουν τα νέα διαδικτυακά απεικονιστικά περιβάλλοντα, όπως Google Earth και Microsoft Virtual Earth, τα οποία δίνουν στο κοινό τη δυνατότητα πρόσβασης και απεικόνισης 3D πληροφορίας με απλό και κατανοητό τρόπο.

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται επιτακτική ανάγκη κάλυψης των λειτουργικών και χωρικών αναγκών μιας πόλης και η αναπαράσταση του τρισδιάστατου (3D) κόσμου μπορεί να αποτελέσει το θεμέλιο της. Οι ραγδαίες εξελίξεις και η τεχνολογική «ευφυΐα» στοχεύουν στη βέλτιστη και ρεαλιστική απόδοση της αναπαράστασης της πραγματικότητας. Ένα από τα πιο γνωστά σημασιολογικά πρότυπα που χρησιμοποιούν τα 3D χωρικά μοντέλα του πραγματικού κόσμου είναι το CityGML (City Geography Markup Language).

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά την τρισδιάστατη μορφή μοντελοποίησης ενός τμήματος στο κέντρο της Χαλκίδας, με χρήση CityGML προτύπου σε επίπεδο λεπτομέρειας LOD2, με ένα συνδυασμό λογισμικών και με δεδομένα βραχυχρόνιας μίσθωσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π) και της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Το 3D Modelling μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφόρων τεχνικών όπως η μοντελοποίηση βάσει εικόνων, η φωτογραμμετρική, παραμετρική και η αυτόματη μοντελοποίηση.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο μοντέλο ανοιχτών δεδομένων CityGML. Αναλύονται τα κυριότερα στοιχεία του όπως πέντε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας, τα οποία ονομάζονται Level Of Detail (LOD) και ξεκινάνε από το LOD0 (ελάχιστη πληροφορία) και καταλήγουν στο LOD4 (μεγάλη ποσότητα πληροφορίας). Έπειτα, διευκρινίζεται η γεωμετρία, η

τοπολογία αλλά και η σημασιολογία του μοντέλου γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Δεν θα μπορούσε να μην γίνει λόγος για τη γλώσσα UML καθώς και για τις μορφές αρχείων gml και xml.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι μία αναφορά στην οικονομία διαμοιρασμού και τη βραχυχρόνια μίσθωση. Μέσα από την μελέτη της περιοχής της Χαλκίδας παρατηρείται ότι υπάρχει μία αυξανόμενη ζήτηση και αύξηση των βραχυχρόνιων μισθώσεων καθώς συνδυάζει το φυσικό κάλλος με την κάλυψη των περισσότερων απαιτήσεων των επισκεπτών.

Στο τελευταίο κεφάλαιο πραγματοποιείται η υλοποίηση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης του τμήματος της Χαλκίδας. Έχοντας ως αρχικό δεδομένο ένα αρχείο AutoCAD που απεικονίζει τα όρια των κτηρίων έγινε η απαραίτητη επεξεργασία του αρχείου μέσω του λογισμικού QGIS. Το παραγόμενο shape file εμπεριείχε τις συντεταγμένες των σημείων του αρχικού δισδιάστατου αρχείου AutoCAD και την επιπλέον κτηματολογική πληροφορία που απαιτείται. Προκειμένου να αποκτήσει το αρχείο τις προδιαγραφές του CityGML, έγινε χρήση του λογισμικού FME. Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία βάσης μέσω του λογισμικού pgAdmin 4 (PostgreSQL). Με το εργαλείο 3DCityDatabase importer/Exporter ορίζεται η γεωμετρία, η τοπολογία, η εμφάνιση και η σημασιολογία των αντικειμένων του μοντέλου σε κάθε επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας. Το λογισμικό αυτό πακέτο έχει την δυνατότητα να εξάγει αρχεία KML/COLLADA, μέσω των οποίων καθίσταται δυνατή η τρισδιάστατη οπτικοποίηση των χωρικών αντικειμένων της αντίστοιχης βάσης δεδομένων σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως το Google Earth. Η οπτικοποίηση του εξαγόμενου αρχείου μορφής .kml έγινε και μέσω του προγράμματος FZK Viewer.

## Αρκτικόλεξα

<b>2D</b>	2-Dimensional (Δισδιάστατος)
<b>3D</b>	3-Dimensional (Τρισδιάστατος)
<b>ADE</b>	Application Domain Extension
<b>BIM</b>	Building Information Modeling
<b>CAD</b>	Computer-Aided Design (Σύστημα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης)
<b>CityGML</b>	City Geography Markup Language
<b>COLLADA</b>	Collaborative Design Activity
<b>DB</b>	Database
<b>DTM</b>	Digital Terrain Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους)
<b>ESPG</b>	European Petroleum Survey Group
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>GML</b>	Geography Markup Language
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization (Διεθνής Οργανισμός Προτύπων)
<b>KML</b>	Keyhole Markup Language
<b>SIG</b>	3D Special Interest Group 3D
<b>SPSHG</b>	Spreadsheet Generator
<b>SRID</b>	Spatial Reference Identifier
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>XML</b>	eXtensible Markup Language



<b>ΟΤ</b>	Οικοδομικό Τετράγωνο
<b>ΣΔΒΔ</b>	Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
<b>ΣΓΠ</b>	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
<b>ΨΜΕ</b>	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	12
1.1. Συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών.....	12
1.2. Τρισδιάστατη μοντελοποίηση.....	17
1.2.1. 3D γεωμετρικά μοντέλα .....	18
1.2.2. 3D τοπολογικά μοντέλα .....	18
1.2.3. 3D σημασιολογικά μοντέλα .....	19
1.3. Τεχνικές μοντελοποίησης.....	19
1.3.1. Μοντελοποίηση βάσει εικόνων.....	19
1.3.2. Φωτογραμμετρική μοντελοποίηση.....	21
1.3.4. Παραμετρική μοντελοποίηση.....	21
1.3.3. Αυτόματη μοντελοποίηση.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. CITYGML.....	24
2.1. Γενικά.....	24
2.2. Σκοπός.....	25
2.3. Επίπεδα λεπτομέρειας.....	26
2.4. Δομή CityGML.....	28
2.5. Μοντελοποίηση.....	30
2.5.1. Σημασιολογία.....	30
2.5.2. Μοντέλο γεωμετρίας.....	33
2.5.3. Τοπολογία μοντέλου.....	35
2.5.4. Εμφάνιση.....	36
2.6. Γλώσσα UML.....	37
2.7. XML.....	38
2.7. GML.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑ ΜΙΣΘΩΣΗ.....	40
3.1. Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης.....	40
3.2. Πληθυσμός.....	41
3.3. Τουρισμός.....	42
3.4. Οικονομία Διαμοιρασμού και Βραχυχρόνια μίσθωση.....	43
3.5. Φορολογικό πλαίσιο.....	46
3.6. Καταλύματα βραχυχρόνιας μίσθωσης στη Χαλκίδα.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ 3D CITY MODELING ATHENS ME CITYGML.....	49
4.1. Λογισμικά και επεξεργασία δεδομένων.....	49
4.2. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων στην PostgreSQL κατά το 3DCityDataBase schema.....	52
4.3. FME (Feature Manipulation Engine).....	57
4.4. Εξαγωγή αρχείου σε kml.....	56
4.5. FME Data Inspector .....	63
4.6. Οπτικοποιήσεις μέσω του Google Earth.....	67
4.7. Ερωτήματα στη βάση δεδομένων PostgreSQL.....	69
4.8. Οπτικοποίηση μέσω της PostgreSQL.....	71

Συμπεράσματα.....	72
Προτάσεις για μελλοντική ενασχόληση.....	74
Βιβλιογραφία.....	76

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

## 1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), γνωστά ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι ολοκληρωμένα συστήματα συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και απόδοσης πληροφορίας, σχετικής με φαινόμενα που εξελίσσονται στο χώρο (Goodchild, 1985). Επιπλέον τα Σ.Γ.Π. είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους και ιδιαίτερα στην επιστήμη της Γεωγραφίας, διότι έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν τα χωρικά με τα περιγραφικά δεδομένα, κάτι το οποίο συμβάλλει στην υλοποίηση της χωρικής ανάλυσης. Επιτρέπει στους χρήστες να αποτυπώσουν το πραγματικό κόσμο, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν χαρτογραφικά.

Γεωγραφικά δεδομένα είναι τα δεδομένα τα οποία μπορούμε να χαρτογραφήσουμε, δεδομένα που μπορούν να εντοπισθούν στο χώρο.

- Τα γεωγραφικά δεδομένα ενσωματώνουν τέσσερα στοιχεία : θέση στο χώρο, περιγραφή, χωρική σχέση και χρόνο.
- Ένα Σ.Γ.Π. χρησιμοποιεί χωρικά και περιγραφικά δεδομένα και λειτουργίες που καθιστούν δυνατή τη χωρική ανάλυση.

Σε ένα Σ.Γ.Π. τα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να αναπαρίστανται με δύο βασικές μορφές: τα δεδομένα διανυσματικής μορφής (**vector**) και τα δεδομένα κανονικοποιημένης ψηφιδωτής μορφής (**raster**). Σε όλα τα Σ.Γ.Π. οι δύο μορφές αποδίδονται ταυτόχρονα σε κοινές απεικονίσεις ενώ πολλά λογισμικά GIS προσφέρουν την δυνατότητα μετάβασης από τη μία μορφή στην άλλη.

1. **Διανυσματικά δεδομένα (vector).** Τα διανυσματικά δεδομένα διακρίνονται σε:

- Χωρικά δεδομένα. Τα χωρικά δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν με σημεία, γραμμές και πολύγωνα.
- Περιγραφικά δεδομένα. Τα περιγραφικά δεδομένα έχουν να κάνουν με τους πίνακες ιδιοτήτων μίας γεωγραφικής οντότητας πάνω σε ένα επίπεδο. Κάθε γεωγραφικό δεδομένο έχει πάντα έναν πίνακα πληροφορίας.

2. **Κανονικοποιημένης ψηφιδωτής μορφής δεδομένα (raster).** Τα raster αποτελούνται από κελιά τα οποία διαθέτουν είτε δεκαδικούς αριθμούς, είτε ακέραιους. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται, χαρακτηρίζεται ως συνεχής

μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους, η εξέλιξη μίας πυρκαγιάς, κλπ.) ή σε περιπτώσεις που στο Σ.Γ.Π. θέλουμε να ενσωματώσουμε μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία. Τα κανονικοποιημένης ψηφιδωτής μορφής δεδομένα έχουν περιορισμένες δυνατότητες σύνδεσης με περιγραφικά χαρακτηριστικά.

Ήδη από τα μέσα του 1960 εμφανίστηκε το πρώτο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information System), το οποίο έδωσε την αφορμή για την εξέλιξη των 2D χαρτών και τη διαχείριση των γεωγραφικών πληροφοριών. Από τότε έχει υπάρξει μια αυξανόμενη αγορά για ποικίλες εφαρμογές στο πεδίο των Σ.Γ.Π. και έχει αποδειχθεί, ότι είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη διαχείριση και ανάλυση 2D κτηματολογικών δεδομένων. Για πολύ καιρό, η κοινότητα των Σ.Γ.Π. υπέθετε, ότι η 2D εμφάνιση των γεωγραφικών πληροφοριών ήταν κατανοητή, παρόλο που ο πραγματικός κόσμος είναι 3D. Η χρήση της τρίτης διάστασης στα Σ.Γ.Π. άρχισε πριν από περίπου μια δεκαετία, αλλά η αποδοχή της από το μεγαλύτερο μέρος της κοινότητας ήταν περιορισμένη. Ο ορισμός ενός 3D Σ.Γ.Π. είναι σχετικός με αυτόν ενός 2D, με τη σημαντική διαφορά ότι η πληροφορία σχετίζεται πλέον με 3D χωρικά φαινόμενα. Άρα, τα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να είναι ικανά να προσφέρουν την ίδια λειτουργικότητα με τα παραδοσιακά 2D Σ.Γ.Π..

Η πιο σημαντική διαφορά ενός Σ.Γ.Π. με άλλα λογισμικά είναι η δυνατότητα εκτέλεσης χωρικής ανάλυσης και απεικόνισής της. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει, ότι τα μοντέλα (τοπολογία, γεωμετρία, δίκτυο, κ.τ.λ.) πρέπει να συμφωνηθούν εκ των προτέρων. Όταν τα μοντέλα είναι διαθέσιμα, μπορούν να χαρτογραφηθούν σε δομές βάσεων δεδομένων ή μορφές αρχείων (π.χ. gml, kml, shape, 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, αλλά αυτά τα συστήματα δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των προηγμένων 3D εργασιών. Ένα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να έχει τη δυνατότητα 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 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).

Στον τομέα της 3D απεικόνισης παρουσιάζονται ραγδαίες εξελίξεις, αφού οι τεχνικοί περιορισμοί στη χρήση της 3D πληροφορίας (όπως ισχύς των υπολογιστών και εργαλεία για 3D απεικόνιση) έχουν σχεδόν ξεπεραστεί και η ανάπτυξη των 3D αντικειμένων συνεχίζεται πολύ δυναμικά. Σπουδαίο ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις παίζουν τα νέα διαδικτυακά απεικονιστικά περιβάλλοντα, όπως Google Earth και Microsoft Virtual Earth, τα οποία δίνουν στο κοινό τη δυνατότητα πρόσβασης και απεικόνισης 3D πληροφορίας με απλό και κατανοητό τρόπο.

Από την άλλη μεριά, στα Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης (CAD) η επεξεργασία και απεικόνιση 3D πληροφορίας δεν είναι κάτι νέο. Τα συστήματα αυτά, όμως, έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές σε σχέση με τα Σ.Γ.Π.. Τα Συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης έχουν εστιάσει μερικώς στην ανάπτυξη ισχυρών 3D εργαλείων επεξεργασίας και αποτελεσματικής 3D απεικόνισης. Μια ένωση των δύο συστημάτων θα ήταν ωφέλιμη και για τα δύο πεδία και υπάρχει μια τάση από τους προμηθευτές για μείωση του κενού, που δημιουργείται μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων.

Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι, ότι τα συστήματα Ηλεκτρονικής Σχεδίασης σχεδιάστηκαν αρχικά για τη μοντελοποίηση των ανθρωπίνων κατασκευών σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων, π.χ. κτίρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ., ενώ τα Σ.Γ.Π. σχεδιάστηκαν για να απεικονίσουν την πραγματικότητα σε ένα σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων, σαν αντικατάσταση των κλασικών γεωγραφικών αναλογικών χαρτών. Επίσης, τα συστήματα CAD υποστηρίζουν θεμελιώδη στοιχεία, όπως σφαίρα, κύλινδρος, κώνος κ.τ.λ., για τη διαχείριση σύνθετων κατασκευών, ενώ τα Σ.Γ.Π. υποστηρίζουν σημεία, γραμμές και πολύγωνα με περιεχόμενες ιδιότητες. Η εξέλιξη και των δύο συστημάτων πλέον τα φέρνει πιο κοντά. Για παράδειγμα, η Ηλεκτρονική Σχεδίαση έχει επεκταθεί στη δυνατότητα να δουλεύει με 2D προβολές, ορίζοντας σύνθετη ιεραρχία ιδιοτήτων και να εκτελεί ανάλυση σαν τα Σ.Γ.Π. (Zlatanova, 2006), ενώ η κοινότητα των Σ.Γ.Π. απαιτεί περισσότερο ρεαλιστική απεικόνιση, δυνατότητες 3D επεξεργασίας και βέλτιστες δυνατότητες πλοήγησης.

Η κύρια δυσκολία, όμως, για τη συγχώνευση των δύο συστημάτων είναι η ύπαρξη διαφορών μεταξύ των τύπων δεδομένων, δυσκολεύοντας έτσι την εξαγωγή μοντέλων μεταξύ των δύο συστημάτων χωρίς απώλεια δεδομένων. Εφόσον, λοιπόν, τα Σ.Γ.Π. δεν υποστηρίζουν όλα τα βασικά σχήματα που υποστηρίζουν τα συστήματα CAD, είναι δυνατόν να υπάρξουν απώλειες γεωμετρίας κατά την εξαγωγή από CAD σε GIS. Για παράδειγμα, ένα αντικείμενο που απεικονίζεται με ελεύθερης μορφής σχήματα στα CAD, θα απεικονίζεται με γραμμές και πολύγωνα στα Σ.Γ.Π.. Από την άλλη μεριά, ένα μοντέλο που μετατρέπεται από Σ.Γ.Π. σε CAD μπορεί να χάσει σημασιολογική πληροφορία, γιατί ένα σύστημα CAD δεν επικεντρώνεται τόσο στις σημασιολογικές πληροφορίες.

Στόχος των Σ.Γ.Π. είναι η αποθήκευση γεωγραφικής, αλλά και σημασιολογικής πληροφορίας σε ένα σύστημα και η υποστήριξη ανάλυσης και στα δύο πεδία. Στη σημασιολογική μοντελοποίηση, τόσο τα σταθερά, όσο και τα μη σταθερά αντικείμενα έχουν γεωμετρία και πολλά χαρακτηριστικά, όπως ιδιότητες (όνομα, λειτουργία κ.τ.λ.), σχέσεις και συνθήκες σε ένα αντικείμενο, αλλά και μεταξύ αντικειμένων. Οι γεωμετρικές και θεματικές ιδιότητες αποτελούν τη σημασιολογία για ένα αντικείμενο. Όσον αφορά στη διαχείριση θεματικών πληροφοριών που

σχετίζονται με λειτουργικά αντικείμενα (κτίρια, δρόμοι), τα Σ.Γ.Π. έχουν μακρά ιστορία. Αντίθετα, το ενδιαφέρον των συστημάτων CAD για αυτές τις πληροφορίες έχει αυξηθεί μόλις τα τελευταία χρόνια. Μία ακόμη δυσκολία και στα δύο συστήματα, είναι η συνέπεια στη γεωμετρία, για παράδειγμα κατά τη σύνθετη μοντελοποίηση.

Ένα ανώτερο επίπεδο σημασιολογίας κατά την ανταλλαγή δεδομένων θα μπορούσε να αποτρέψει των απώλεια πληροφορίας, για παράδειγμα της τοπολογίας. Η γεωμετρία καθορίζει πού βρίσκεται το 3D αντικείμενο στο χώρο και η τοπολογία περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όπως γειτνίαση, επικάλυψη, έγκληση κ.τ.λ.. Άρα, η τοπολογία μπορεί να είναι συμπλήρωμα της γεωμετρίας, αλλά και γενικότερα το θεμέλιο για τις περισσότερες χωρικές λειτουργίες. Η τοπολογική ιδιότητα ενός αντικειμένου καθορίζεται από τη γεωμετρία των αντικειμένων. Για παράδειγμα, για να βρεθεί η γειτνίαση δύο αντικειμένων, πρέπει πρώτα να μελετηθεί η γεωμετρία, για ανεύρεση κοινών σημείων, γραμμών και πολυγώνων, μια διαδικασία που απαιτεί διερεύνηση, υπολογισμό και σύγκριση μεταξύ της γεωμετρίας των αντικειμένων. Λόγω του ότι η 3D πληροφορία είναι πολύ πιο σύνθετη και έχει υψηλότερη ποιότητα, η διαδικασία αυτή είναι πολύ πιο ακριβής σε σχέση με αυτή που πραγματοποιείται για την 2D πληροφορία.

Ένα 3D Σ.Γ.Π. πρέπει να έχει τη δυνατότητα να εκτελεί χωρικές λειτουργίες, όπως:

- ✓ Λειτουργίες ανάκτησης, όπως ποια είναι η τρέχουσα πληροφορία για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο
- ✓ Λειτουργίες ερωτημάτων, για παράδειγμα ανάκτηση δεδομένων που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες
- ✓ Ενιαία ανάλυση χωρικών και σημασιολογικών δεδομένων, για παράδειγμα ταξινόμηση, μέτρηση κ.τ.λ.
- ✓ Λειτουργίες γειτνίασης, για παράδειγμα τοπογραφικές λειτουργίες, αναζήτηση
- ✓ Λειτουργίες συνδεσιμότητας, ζωνών επιρροής κ.τ.λ.
- ✓ Υπολογισμό αποστάσεων εμβαδού και όγκου στην τρίτη διάσταση.

Σήμερα, οι περισσότερες λειτουργίες είναι δυστυχώς διαθέσιμες μόνο για τις δύο διαστάσεις. Πολλά πακέτα Σ.Γ.Π. μπορούν να κατασκευάσουν 2D τοπολογικά μοντέλα, ενώ κάποια πακέτα CAD παρέχουν εργαλεία για τον έλεγχο της τοπολογικής συνέπειας. Για τη μετάβαση από 2D σε 3D, είναι αναγκαίο να οριστούν νέες προσεγγίσεις, κανόνες και απεικονίσεις, αφού και η πολυπλοκότητα των σχέσεων θα αυξηθεί.

Συμπερασματικά, η επιτυχία των 3D Σ.Γ.Π. θα εξαρτηθεί από την ανάπτυξη αποτελεσματικών 3D μοντέλων. Πολλοί ειδικοί και προμηθευτές εξετάζουν συνεχώς την τρίτη διάσταση και μελετούν την ανάπτυξη ενός διαλειτουργικού 3D μοντέλου. Ωστόσο, δεν είναι δυνατόν να υπάρχει ένα 3D μοντέλο, το οποίο να μπορεί να εξυπηρετεί όλους τους τομείς εφαρμογών. Δεν μπορεί, όμως, να είναι τόσο δύσκολο να αναπτυχθεί ένα βασικό 3D ενιαίο μοντέλο, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά για πολλές εφαρμογές. Για πολλές δεκαετίες, οι τοπογραφικοί χάρτες έχουν διαδραματίσει αυτό το ρόλο για τις δύο διαστάσεις. Πρέπει, λοιπόν, να δημιουργηθεί ένα μοντέλο, το οποίο θα αντιμετωπίζει τις ανάγκες των αγορών και της έρευνας και θα εμποδίσει την εμφάνιση χιλιάδων διαφορετικών μοντέλων.



## 1.2 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση

- ✓ Τι είναι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση;

3D μοντελοποίηση ή 3D Modelling ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία δημιουργείται μια μαθηματική εκπροσώπηση κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας άψυχων ή έμψυχων αντικειμένων μέσω εξειδικευμένου λογισμικού. Το παραγόμενο προϊόν είναι ένα 3D μοντέλο. Τα μοντέλα αυτά συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, ευθύγραμμα τμήματα, καμπύλες, κλπ ενώ μπορούν να δημιουργηθούν είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

- ✓ Βασικές κατηγορίες 3D μοντέλων

-Στερεά- Συμπαγή (Solid): τα μοντέλα αυτά καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν. Αυτά είναι πιο ρεαλιστικά, αλλά πιο δύσκολο να δημιουργηθούν. Τα στερεά μοντέλα χρησιμοποιούνται κυρίως σε προσομοιώσεις της ιατρικής και των μηχανικών, για CAD περιβάλλοντα και για εξειδικευμένες εφαρμογές γραφικών

-Οριοθετημένα (Shell/ boundary): αυτά τα μοντέλα αντιπροσωπεύουν την επιφάνεια, π.χ. το όριο ενός αντικειμένου, όχι τον όγκο του. Είναι πιο εύκολο να εργαστεί κανείς με αυτά τα μοντέλα, παρά με στερεά. Σχεδόν όλα τα εικονικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ταινίες είναι μοντέλα αυτής της κατηγορίας.

-Σημαιολογικά: Η τρίτη ομάδα μοντέλων έχει δημιουργηθεί συγκεκριμένα για γρήγορη και ρεαλιστική απεικόνιση. Τέτοια μοντέλα παρέχουν εκτεταμένα εργαλεία για τη δημιουργία μια γραφικής σκηνής (διατηρώντας υφές, φωτισμό και κινούμενες εικόνες) και δεν λαμβάνουν υπόψη έγκυρα αντικείμενα ή ζητήματα δομών.

- ✓ Η συμβολή της τρισδιάστατης μοντελοποίησης

Αρχικά, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι ικανή να προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα στον τομέα της κατασκευής. Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να τοποθετηθούν με διαφορετικούς τρόπους στο χώρο, προσφέροντας διαφορετικές προοπτικές. Έτσι, υιοθετώντας τις πρακτικές του Building Information Modeling (BIM) και της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, οι σύγχρονες μέθοδοι υλοποίησης επιτρέπουν στη βιομηχανία των κατασκευών να μειώσει σημαντικά το χρόνο και το κόστος ενός έργου. Επιπρόσθετα, προκειμένου να επιτευχθεί κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη σε τοπικό και σε παγκόσμιο επίπεδο, το κοινωνικό, οικολογικό και τεχνολογικό δυναμικό των πόλεων είναι αναγκαίο. Γενικά οι πόλεις είναι δυναμικοί χώροι που υπόκεινται σε διαρκείς αλλαγές. Συνεπώς για να διασφαλιστεί ένας βιώσιμος χώρος για τους πολίτες, οι πόλεις πρέπει να προσαρμοστούν σε έναν υπεύθυνο τρόπο ζωής με μακροπρόθεσμο

ορίζοντα. Η τρίτη διάσταση είναι αυτή που αποτελεί το θεμέλιο για τη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης. Τέλος, ακόμα ένας τομέας που εμπλέκεται η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι το 3D Κτηματολόγιο. Ουσιαστικά, είναι ένα σύστημα καταγραφής της γης, στο οποίο γίνεται αναφορά της τρίτης διάστασης των αντικειμένων, δηλαδή στο υψόμετρό τους. Αυτή η τάση είναι ιδιαίτερος έντονη λόγω της ανάγκης να αποσαφηνιστούν περιπτώσεις πολύπλοκης δομής και επικαλυπτόμενων κατασκευών και των σύνθετων εμπράγματων δικαιωμάτων επ' αυτών.

### 1.2.1 3D Γεωμετρικά Μοντέλα

Τα γεωμετρικά μοντέλα είναι ευρέως διαθέσιμα και χρησιμοποιούνται πολύ. Αποτελούν, τα πιο απλά 3D μοντέλα, τα οποία διατηρούν τις συντεταγμένες μαζί με τα αντικείμενα. Τα τρισδιάστατα μοντέλα αυτά, είναι γρήγορα και απλά, απαιτώντας ευελιξία από τα υφιστάμενα ΣΔΒΔ για τη διαχείριση των χωρικών δεδομένων. Επίσης, δημιουργούν μεγάλο όγκο δεδομένων, γιατί για παράδειγμα ένα ζεύγος συντεταγμένων μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές στην περιγραφή ενός από τα χαρακτηριστικά. Για τους προμηθευτές των ΣΔΒΔ τα οποία διαχειρίζονται τα χωρικά δεδομένα, η τρίτη διάσταση αποτελεί μια πραγματική πρόκληση. Κατά την πάροδο των χρόνων, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες για να διαπιστωθούν οι δυνατότητες αποθήκευσης, χωρικών ερωτημάτων και απεικόνισης αντικειμένων με τις τρισδιάστατες συντεταγμένες τους. Τα γνωστά ΣΔΒΔ διατηρούν 3D δεδομένα με ένα σχετικά τυποποιημένο τρόπο, με τα δεδομένα να μπορούν να απεικονίζονται σε πολλές εφαρμογές περιβάλλοντος. Η Oracle Spatial 11g έχει εφαρμόσει τον πρώτο 3D τύπο δεδομένων (πολύεδρο), ενώ στην συνέχεια αναμένεται να ακολουθήσουν και άλλα ΣΔΒΔ (Δημοπούλου, 2015).

### 1.2.2 3D Τοπολογικά Μοντέλα

Για τα 3D τοπολογικά μοντέλα έχουν γίνει πολλές έρευνες από πολλούς ερευνητές, αλλά δεν υπάρχει προς το παρόν διαθέσιμη εφαρμογή για την 3D τοπολογία. Το τοπολογικά μοντέλα χρειάζονται αναγνωριστικές ιδιότητες για όλα τα στοιχεία, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για τον ορισμό των χαρακτηριστικών και των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ τους. Τα μοντέλα αυτά, είναι χρήσιμα διότι επιτρέπουν συμπαγή αποθήκευση, διατηρώντας συνέπεια των δεδομένων, αποφεύγουν τον πλεονασμό των δεδομένων κατά την αποθήκευση, και τέλος πραγματοποιούν χωρικές αναλύσεις οι οποίες είναι εύκολο να εκτελεστούν. Παρόλα αυτά, η

πολυπλοκότητα τους είναι αρκετά μεγαλύτερη. Μετά από εκτεταμένη έρευνα προτάθηκαν πολλά 3D μοντέλα όπως το 3D Formal Data Structure (3DFDS), το Urban Data Model (UDM), το Simplified Spatial Structure (SSS) και το Tetrahedral Network (TEN). Το TEN, αποτελεί ένα απλό και καλώς ορισμένο μοντέλο και μπορεί να αξιοποιηθεί για την μοντελοποίηση σχεδόν όλων των φυσικών και ανθρωπογενών φαινομένων με την παραδοχή πως τα πραγματικά 3D αντικείμενα είναι ογκομετρικά.

### 1.2.3 3D Σημαιολογικά Μοντέλα

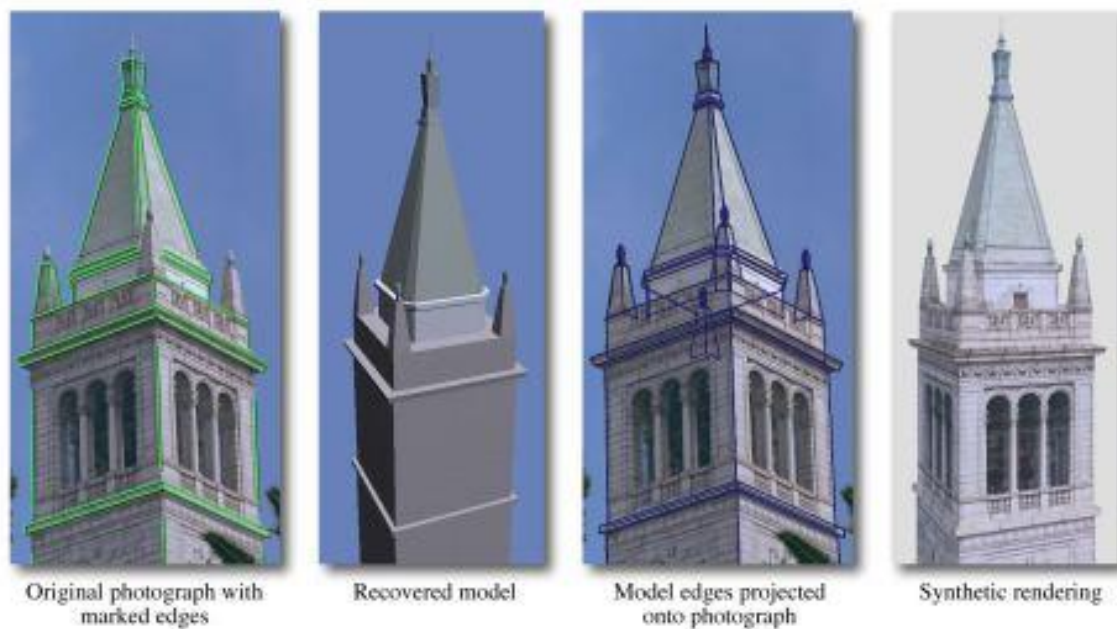
Για την δημιουργία των 3D αντικειμένων, εκτός από τη γεωμετρία και την τοπολογία είναι απαραίτητη και η σημαιολογία. Για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση του αστικού χώρου υπάρχουν λίγα μόνο θεματικά σημαιολογικά μοντέλα. Προκειμένου να μπορέσει να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο πόλης είναι πολύ σημαντικά στοιχεία τα κτίρια και τα στοιχεία του εδάφους. Το πρότυπο CityGML το οποίο είναι το μόνο πρότυπο που περιλαμβάνει θεματική σημαιολογία αλλά και 3D γεωμετρία και τοπολογία, περιλαμβάνει επίσης επιφανειακά και πάνω από την επιφάνεια (υπέργεια) χαρακτηριστικά. Το CityGML αποτελεί το μόνο 3D πρότυπο που παρουσιάζει γεωμετρία, τοπολογία και σημαιολογία στα εικονικά 3D μοντέλα των πόλεων. Επιπλέον 3D σημαιολογικά μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί και έχουν γίνει αποδεκτά ως πρότυπα είναι το North American Data Model (μοντέλο δεδομένων της βορείου Αμερικής) και η Geology Science Markup Language (GeoSciML) για την απεικόνιση γεωλογικών παρατηρήσεων. Πολλές από αυτές τις απεικονίσεις είναι παραδείγματα κατακερματισμού του αστικού περιβάλλοντος, χωρίς όμως τη χαρτογράφηση των 3D γεωμετρικών απεικονίσεων (Δημοπούλου, 2015).

## 1.3. Τεχνικές μοντελοποίησης δεδομένων

### 1.3.1 . Μοντελοποίηση βάσει εικόνων – Image Based Modelling (IBM)

Η τεχνική της μοντελοποίησης βάσει εικόνων ή αλλιώς Image Based Modelling (IBM) είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για γεωμετρικές επιφάνειες αρχιτεκτονικών αντικειμένων ή για ακριβή μοντελοποίηση εδάφους και πόλης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εξακολουθούν να παραμένουν τα πιο εντυπωσιακά και ακριβή αποτελέσματα αυτά που επιτυγχάνονται με διαδραστικές προσεγγίσεις. Οι μέθοδοι IBM (συμπεριλαμβανομένης της φωτογραμμετρίας) χρησιμοποιούν μετρήσεις 2D εικόνας (αντιστοιχίες) για να ανακτήσουν πληροφορίες τρισδιάστατων αντικειμένων μέσω ενός μαθηματικού μοντέλου ή λαμβάνουν τρισδιάστατα δεδομένα χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως σχήμα από σκίαση, σχήμα από υφή, σχήμα από

ιδιομορφία, σχήμα από περίγραμμα ( ιατρικές εφαρμογές) . Οι μέθοδοι που βασίζονται σε παθητική εικόνα αποκτούν τρισδιάστατες μετρήσεις από πολλαπλές προβολές, αν και είναι απαραίτητες και τεχνικές για την απόκτηση τριών διαστάσεων από μεμονωμένες εικόνες. Οι μέθοδοι της IBM χρησιμοποιούν προβολική γεωμετρία ή μοντέλο προοπτικής κάμερας. Σε σύγκριση με τους λέιζερ σαρωτές, τα κύρια πλεονεκτήματα της μοντελοποίησης με βάση την εικόνα είναι ότι οι αισθητήρες είναι γενικά φθηνοί και φορητοί και ότι οι τρισδιάστατες πληροφορίες μπορούν να ανακτηθούν με ακρίβεια ανεξάρτητα από το μέγεθος του αντικειμένου. (Fabio Remondino,2006). Σημαντική εξέλιξη στα λογισμικά μοντελοποίησης βάσει εικόνων αποτελεί η δυνατότητα παραγωγής νεφών σημείων από ένα σύνολο εικόνων η οποία θα έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων μεγάλης ακρίβειας, με την πρωτότερη βαθμονόμηση του λογισμικού για τη διόρθωση παραμορφώσεων του φακού.



**Εικόνα 1.1.** Παράδειγμα μοντελοποίησης βάσει εικόνων IBM, (Πηγή: Debevec, κ.ά, 1996)

### 1.3.2. Φωτογραμμετρική Μοντελοποίηση

Η αυτοματοποιημένη αναδόμηση κτιρίων είναι ένα ζήτημα το οποίο είναι εξαιρετικά σημαντικό για μια μεγάλη γκάμα εφαρμογών. Η διαδικασία της αναδόμησης τους με τη χρήση μόνο αεροφωτογραφιών ως πηγή δεδομένων παρότι θεωρείται οικονομική και ταχεία μέθοδος, αποδείχτηκε πρόκληση. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα αυτής της διαδικασίας μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με το συνδυασμό αεροφωτογραφιών μαζί με άλλες πηγές δεδομένων, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα να αξιοποιηθούν όλα τα δυναμικά στοιχεία των φωτογραφιών αλλά και άλλου τύπου δεδομένων. Ειδικότερα, πραγματοποιείται ο εντοπισμός των γεωμετρικών αντικειμένων στις αεροφωτογραφίες και έτσι, μπορούν να υλοποιηθούν ακριβείς απεικονίσεις, εφόσον οι κλίμακες είναι γνωστές. (Χναράκης,2009).

Κατηγορίες τρισδιάστατης φωτογραμμετρικής μοντελοποίησης:

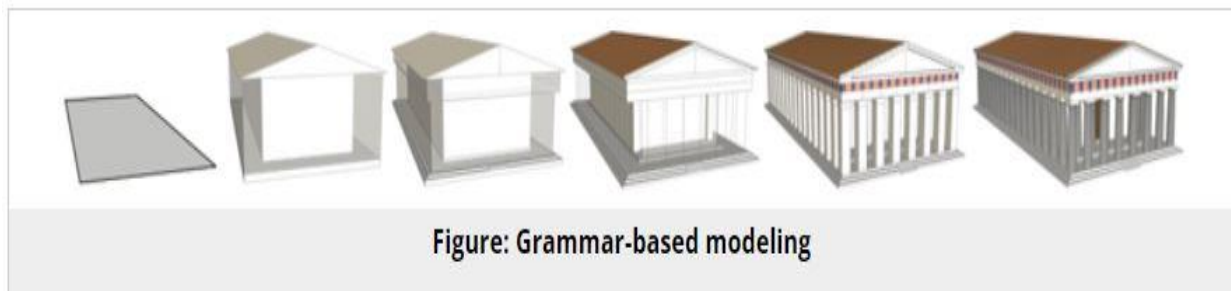
- ✓ Aerial Photogrammetry based model- Μοντέλο με βάση την αεροφωτογραμμετρία
- ✓ Satellite Photogrammetry based model- Μοντέλο βάσει δορυφορικής φωτογραμμετρίας
- ✓ Close Range Photogrammetry based model- Μοντέλο που βασίζεται σε φωτογραμμετρία κοντινού εύρους

### 1.3.3. Παραμετρική μοντελοποίηση (Κανονιστική μοντελοποίηση)

Η μέθοδος της παραμετρικής μοντελοποίησης δέχεται ότι όλα τα αντικείμενα κατασκευάζονται σύμφωνα με ένα σύνολο από κανόνες και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε εφαρμογές στον τομέα της πολεοδομίας, για τη δημιουργία προσομοιώσεων, καθώς και για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά και για ταινίες και για παιχνίδια, διότι δεν χρειάζονται υψηλό κόστος και χρόνο για την κατασκευή των μοντέλων. (Wonka, 2003).

Η κανονιστική μοντελοποίηση έχει χρησιμοποιηθεί σε ορισμένες τεχνικές στα γραφικά υπολογιστών για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων με βάση κανόνες. Ο κανονιστικός υπολογισμός είναι η διαδικασία δημιουργίας δεδομένων αλγοριθμικά αντί χειροκίνητης. Στα γραφικά υπολογιστή, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία υφών. Ως επί το πλείστον, χρησιμοποιούνται κανονιστικοί κανόνες για τη δημιουργία πολύπλοκων μοντέλων όπως φυτά, κτίρια, πόλεις ή τοπία που απαιτούν πιο εξειδικευμένα εργαλεία και είναι χρονοβόρα για την κατασκευή ενός ατόμου. Με αυτούς, η ανάπτυξη περίπλοκων μοντέλων απλοποιείται μέσω επαναλαμβανόμενων διαδικασιών, αυτόματης δημιουργίας και, εάν είναι απαραίτητο, τυχαιοποίησης. Μία από τις μεθόδους στη κανονιστική μοντελοποίηση είναι η χρήση fractal

(fractal geometry) για τη δημιουργία όμοιων αντικειμένων. Τα fractals είναι σύνθετες γεωμετρίες με ατελείωτα μοτίβα. Με άλλα λόγια, μπορούν να έχουν άπειρα μοτίβα σε διαφορετικές αναλύσεις. Αυτός ο τύπος προσέγγισης είναι χρήσιμος στη δημιουργία φυσικών μοντέλων όπως φυτά, σύννεφα, ακτογραμμές και τοπία. Για παράδειγμα, ένα δέντρο μπορεί να δημιουργηθεί αυτόματα με βάση τις ιδιότητες διακλάδωσης και τον τύπο των φύλλων. Στη συνέχεια, ένα δάσος μπορεί να δημιουργηθεί αυτόματα με τυχαιοποίηση δέντρων. Μια άλλη μέθοδος στη κανονιστική μοντελοποίηση είναι η δημιουργία μοντέλων που βασίζονται σε γραμματικές (Grammar-based modeling). Η μοντελοποίηση με βάση τη γραμματική ορίζει κανόνες που μπορούν επανειλημμένα να παράγουν περισσότερες λεπτομέρειες και να δημιουργήσουν καλύτερα μοντέλα όπως στην παρακάτω εικόνα. Η δομή δεδομένων σχήματος δέντρου ή η ιεραρχία μοντέλων παίζει σημαντικό ρόλο στη γραμματική μοντελοποίηση τόσο από την άποψη της αποδοτικότητας προγραμματισμού όσο και από την προσθήκη περισσότερων λεπτομερειών σε ένα σχήμα.



***Εικόνα 1.2.** Διαδικασία παραγωγής του τελικού 3D μοντέλου με χρήση CGA Grammar (πηγή : esri.com, 2014)*

#### 1.3.4. Αυτοματοποιημένη μοντελοποίηση

Η αυτοματοποιημένη μοντελοποίηση είναι ένα νέο ερευνητικό πεδίο και χρήζει προσοχής. Είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο που περιλαμβάνει προσομοίωση, μοντελοποίηση, ποιοτική συλλογιστική, γραφήματα δεσμών και δυναμική συστημάτων. Είναι μια διερεύνηση της διαδικασίας μοντελοποίησης με σκοπό την ανάπτυξη εργαλείων υπολογιστή τα οποία θα ακολουθούν αυτόματα τις αρχές μοντελοποίησης. Επιπλέον, αυτά τα εργαλεία λαμβάνουν υπόψη τις λεπτομέρειες μιας εφαρμογής και δημιουργούν το πιο κατάλληλο μοντέλο για την εφαρμογή. Στόχος του είναι να αναπτύξει εργαλεία μοντελοποίησης υπολογιστή που έχουν αντίληψη της ορθότητας, της πληρότητας και της καταλληλότητας του μοντέλου και μπορούν να εκτελούν μοντελοποίηση αυτόματα. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι η εισαγωγή καλά καθορισμένων μοντέλων και η αυτοματοποίηση της διαδικασίας συναρμολόγησης υπομοντέλων σε μοντέλα για τη δημιουργία καλά καθορισμένων μοντέλων. (Smith και Xia, 1996).

Αυτού του είδους η μοντελοποίηση είναι ευρέως διαδεδομένη στο πεδίο του αστικού σχεδιασμού, ιδίως στην τρισδιάστατη αναπαράσταση των μοντέλων πόλεων. Πλέον, διατίθεται από διάφορες υπηρεσίες στο διαδίκτυο, οι οποίες προσφέρουν αστικές εικόνες και γεωγραφικές πληροφορίες σε παγκόσμια κλίμακα. Για αυτό το σκοπό προτιμώνται κυρίως οι αεροφωτογραφίες ανεξάρτητα από το γεγονός ότι μπορεί να παρουσιάζουν χαμηλότερη ανάλυση, διότι τα δεδομένα Lidar δεν είναι πάντα προσβάσιμα στο χρήστη ή θεωρούνται ελλιπή και αποσπασματικά. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων που συλλέγονται.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: CITYGML

### 2.1 Γενικά

- Το CityGML είναι ένα κοινό μοντέλο πληροφοριών και κωδικοποίηση που βασίζεται σε XML για την αναπαράσταση, αποθήκευση και ανταλλαγή εικονικών τρισδιάστατων μοντέλων πόλης και τοπίου. Το CityGML παρέχει ένα τυπικό μοντέλο και μηχανισμό για την περιγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων σε σχέση με τη γεωμετρία, την τοπολογία, τη σημασιολογία και την εμφάνισή τους και ορίζει πέντε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας. Περιλαμβάνονται επίσης ιεραρχίες γενίκευσης μεταξύ θεματικών τάξεων, συγκεντρώσεις, σχέσεις μεταξύ αντικειμένων και χωρικές ιδιότητες. Το CityGML είναι εξαιρετικά επεκτάσιμο και τα σύνολα δεδομένων μπορούν να περιλαμβάνουν διαφορετικές αστικές οντότητες που υποστηρίζουν τη γενική τάση για μοντελοποίηση όχι μόνο μεμονωμένων κτιρίων αλλά και ολόκληρων τοποθεσιών, περιοχών, πόλεων, περιοχών και χωρών.
- Το CityGML παρέχει πολύ περισσότερα από τρισδιάστατο περιεχόμενο για οπτικοποίηση από διάφορες εφαρμογές. Επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται εικονικά τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων και τοπίου για εξελιγμένη ανάλυση και εμφάνιση εργασιών σε τομείς εφαρμογών, όπως προσομοιώσεις περιβάλλοντος, εκτιμήσεις ενεργειακής ζήτησης, διαχείριση κύκλου ζωής πόλης, διαχείριση αστικών εγκαταστάσεων, εκτίμηση ακινήτων, διαχείριση καταστροφών, πλοήγηση πεζών, ρομποτική, αστική εξόρυξη δεδομένων και μάρκετινγκ βάσει τοποθεσίας.
- Το CityGML έχει εφαρμοστεί σε πολλές λύσεις λογισμικού και χρησιμοποιείται σε πολλά έργα σε όλο τον κόσμο. Στα εθνικά προγράμματα υποδομής χωρικών δεδομένων στην Ολλανδία, τη Γερμανία, τη Γαλλία, τη Μαλαισία, το Άμπου Ντάμπι και άλλες χώρες, το CityGML παρέχει μια σημαντική πλατφόρμα για τη μετάβαση από δεδομένα 2D σε 3D. Παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη γεφύρωση μοντέλων αστικών πληροφοριών με μοντέλα πληροφοριών κτιρίου (BIM) για τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό, την κατασκευή, την ιδιοκτησία και τη λειτουργία κτιρίων και κεφαλαιουχικών έργων.
- Το CityGML υλοποιείται ως μοντέλο ανοιχτών δεδομένων που εφαρμόζεται ως σχήμα εφαρμογής για τη Γλώσσα Σήμανσης Γεωγραφίας 3 (GML3), το επεκτάσιμο διεθνές πρότυπο για την ανταλλαγή χωρικών δεδομένων που εκδίδεται από την Open Geospatial Consortium (OGC) και το ISO TC211. Επειδή το CityGML βασίζεται στο GML, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με όλη την οικογένεια συμβατών με GML υπηρεσιών διαδικτύου OGC για πρόσβαση, επεξεργασία και καταλογογράφηση δεδομένων, όπως η υπηρεσία χαρακτηριστικών ιστού, η υπηρεσία επεξεργασίας ιστού και η υπηρεσία καταλόγου. Το CityGML είναι ένα ανοιχτό πρότυπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί δωρεάν. (Thomas H. Kolbe).



## 2.2 Σκοπός του CityGML

Σύμφωνα με τον Kolbe (2007) το CityGML έχει διάφορους στόχους κάποιους από τους οποίους αναγράφονται παρακάτω.

1. Η ίδρυση υψηλού βαθμού σημασιολογικής και συντακτικής διαλειτουργικότητας:

- Δυνατότητα πολυλειτουργικής χρήσης των 3Δ μοντέλων.
- Καθορισμός ενός κοινού μοντέλου πληροφοριών (οντολογία).
- 3Δ γεωβάση δεδομένων.

2. Η εκπροσώπηση 3Δ τοπογραφίας:

- 3Δ σχήματα, κυρίως επιφάνειες και όγκοι.
- Καθορισμός των πιο αντιπροσωπευτικών τύπων των χαρακτηριστικών, που χρησιμοποιούνται σε μία ευρεία ποικιλία εφαρμογών.

3. Η καταλληλότητα για υποδομές χωρικών δεδομένων:

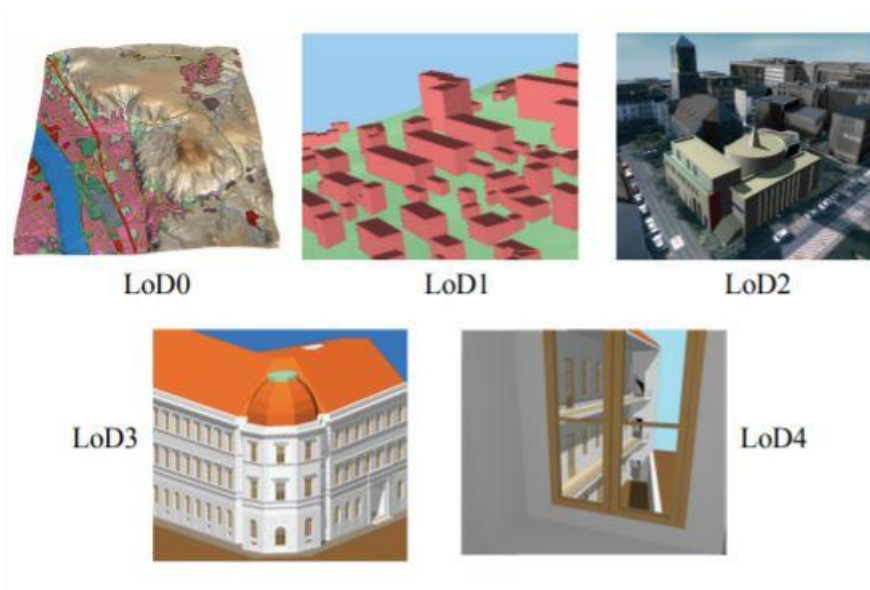
- Χαρτογράφηση σε κατάλληλη μορφή ανταλλαγής, GML3.
- Δυνατότητα σύνδεσης κάθε χαρακτηριστικού του CityGML με πιο εξειδικευμένα, λειτουργικά μοντέλα / εξωτερικές πηγές δεδομένων.

4. Να είναι απλό στη χρήση για διάφορες εφαρμογές.

- Καλά καθορισμένη σημασιολογία για τους τύπους των χαρακτηριστικών.
- Υποσύνολο GML3 γεωμετριών (χωρίς καμπύλες γραμμές, επιφάνειες). Αυτό έχει ως πλεονέκτημα να είναι άμεσα διαχειρίσιμο μέσα σε 3Δ γεωβάσεις.

## 2.3 Επίπεδα λεπτομέρειας (LODs)

Σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο με CityGML δίνεται η δυνατότητα, αν και αποφεύγεται, να περιέχει τις πολλαπλές αναπαραστάσεις και γεωμετρίες για κάθε αντικείμενο σε διάφορα επίπεδα (LODs) ταυτόχρονα. Τα επίπεδα αυτά σε συνδυασμό με το εξειδικευμένο περιεχόμενο των πληροφοριών τους και τις ακρίβειές τους αποτελούν ουσιαστικά κατηγορίες ποιότητας. Μόνο από το όνομα του LOD, (δηλαδή LOD0, LOD1, LOD2 κτλ) ενός συνόλου δεδομένων του μοντέλου CityGML μπορεί ο πελάτης-χρήστης να αντιληφθεί την κατηγορία ποιότητας, τον βαθμό λεπτομέρειας του μοντέλου, την πολυπλοκότητα και την ακρίβεια των δεδομένων. Παρακάτω παρατίθενται εκτενέστερες πληροφορίες που αφορούν τα πέντε επίπεδα λεπτομέρειας του μοντέλου.



*Εικόνα 2.1. Μοντελοποίηση οικίας στα πέντε επίπεδα λεπτομέρειας (Πηγή: IGG Uni Bonn)*

LOD0: πρόκειται για την απεικόνιση του μοντέλου του εδάφους σε 2,5 διαστάσεις. Αφορά το χαμηλότερο μοντέλο ανάγλυφου, ΨΜΕ (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους), πάνω στο οποίο μπορεί να προσαρμοστεί ένας χάρτης ή μια αεροφωτογραφία και με το επίπεδο αυτό απεικονίζεται ένα τοπίο.

LOD1: πρόκειται για την απεικόνιση του μοντέλου σε επίπεδα που καθορίζουν την αυστηρή του γεωμετρία. Για παράδειγμα, ένα κτήριο στο LOD1 αναπαρίσταται σαν ένα πρίσμα με επίπεδες στέγες, χωρίς δομή σε αυτές. Αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας χρησιμοποιείται συνήθως για την απεικόνιση μίας πόλης.

LOD2: πρόκειται για ένα επίπεδο που αποδίδει για κάθε κτήριο περισσότερη πληροφορία όσον αφορά τη γεωμετρία και το σχήμα του (μπαλκόνια, σκάλες και άλλες κτηριακές εγκαταστάσεις), και παράλληλα εμφανίζει μια διακριτή δομή στέγης. Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να αναπαραστήσει ακόμα και βλάστηση. Με το LOD2 δηλαδή, απεικονίζονται οι συνοικίες μιας πόλης.

LOD3: πρόκειται για την απεικόνιση που εμπεριέχει αρχιτεκτονικά μοντέλα και λεπτομέρειες στους τοίχους, στις δομές της οροφής, στις πόρτες και στα παράθυρα. Επιπλέον στοιχείο αυτού του επιπέδου είναι ότι δίνει την δυνατότητα για πιο λεπτομερή απεικόνιση της βλάστησης όπου απαιτείται.

LOD4: πρόκειται για το επίπεδο αναπαράστασης που είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Αυτό το επίπεδο ολοκληρώνει το LOD3 προσθέτοντας εσωτερικές δομές όπως δωμάτια, σκάλες και έπιπλα.



*Εικόνα 2.2. Παραδείγματα για τα επίπεδα λεπτομέρειας (πηγή: Geo Connection International Magazine, 2015)*

## 2.4. Δομή CityGML

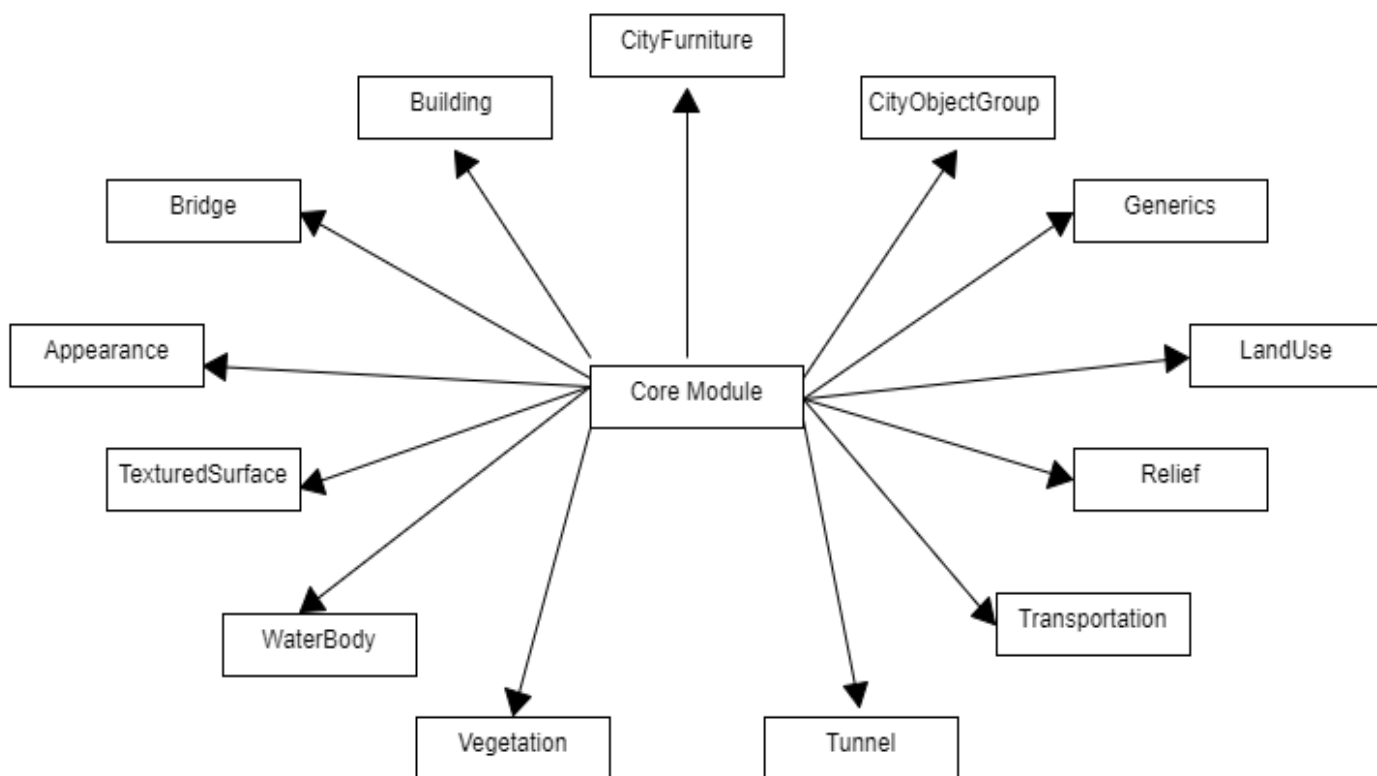
Το CityGML είναι ένα πλούσιο πρότυπο τόσο στο θεματικό όσο και στο γεωμετρικό-τοπολογικό επίπεδο του μοντέλου δεδομένων του. Στο θεματικό του επίπεδο, το CityGML ορίζει τάξεις και σχέσεις για τα πιο σχετικά τοπογραφικά αντικείμενα σε πόλεις και περιφερειακά μοντέλα που περιλαμβάνουν κτισμένες κατασκευές, υψόμετρο, βλάστηση, υδάτινα σώματα, έπιπλα πόλης και άλλα. Επιπρόσθετα γεωμετρία και περιεχόμενο εμφάνισης αυτά τα θεματικά στοιχεία επιτρέπουν τη χρήση εικονικών τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων για εξελιγμένες εργασίες ανάλυσης σε διαφορετικούς τομείς εφαρμογών όπως προσομοιώσεις, εξόρυξη αστικών δεδομένων, διαχείριση εγκαταστάσεων, και θεματικές αναζητήσεις.

Το CityGML πρέπει να θεωρηθεί ως ένα πλαίσιο που δίνει στα γεωχωρικά τρισδιάστατα δεδομένα αρκετό χώρο ώστε να αναπτυχθούν σε γεωμετρικές, τοπολογικές και σημασιολογικές πτυχές κατά τη διάρκεια της ζωής του. Έτσι, η γεωμετρία και η σημασιολογία των αντικειμένων της πόλης μπορεί να είναι ευέλικτα δομημένες καλύπτοντας αμιγώς γεωμετρικά σύνολα δεδομένων έως πολύπλοκα γεωμετρικά-τοπολογικά ορθά και χωροσημασιολογικά συνεκτικά δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, το CityGML ορίζει ένα μοντέλο μεμονωμένου αντικειμένου και μια μορφή ανταλλαγής δεδομένων που ισχύει για διαδοχικά βήματα διαδικασίας τρισδιάστατης μοντελοποίησης πόλης από την απόκτηση γεωμετρίας, την πιστοποίηση δεδομένων και τη βελτίωση προετοιμασία δεδομένων για συγκεκριμένες εφαρμογές τελικού χρήστη, επιτρέποντας επαναληπτικό εμπλουτισμό δεδομένων και ανταλλαγή πληροφοριών χωρίς απώλειες (Kolbe et al. 2009).

Σύμφωνα με αυτήν την ιδέα ενός πλαισίου, οι εφαρμογές δεν απαιτούνται για την υποστήριξη όλων των θεματικών πεδίων του CityGML στο προκειμένου να συμμορφώνεται με το πρότυπο, αλλά μπορεί να χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο δομών που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα σχετικά απαιτήσεις ενός τομέα εφαρμογής ή ενός βήματος διαδικασίας. Η χρήση λογικών υποσυνόλων του CityGML περιορίζει την πολυπλοκότητα του συνολικού μοντέλου δεδομένων και επιτρέπει ρητά για έγκυρες μερικές υλοποιήσεις. Όσο για την έκδοση 2.0 του Το πρότυπο CityGML, τα πιθανά υποσύνολα του μοντέλου δεδομένων ορίζονται και αγκαλιάζονται από τις λεγόμενες μονάδες CityGML. Μια ενότητα CityGML είναι ένα σύνολο κανονιστικών πτυχών που πρέπει όλες να εφαρμοστούν στο σύνολό τους από έναν συμμορφούμενο σύστημα. Το CityGML αποτελείται από μια βασική ενότητα και θεματικές ενότητες επέκτασης.

CityGML ορίζει τις βασικές έννοιες και τα στοιχεία του μοντέλου δεδομένων CityGML. Είναι να είσαι θεωρείται ως το καθολικό κάτω όριο του συνολικού μοντέλου δεδομένων CityGML και μια εξάρτηση όλων των θεματικών ενότητων επέκτασης. Έτσι, η βασική ενότητα είναι μοναδική

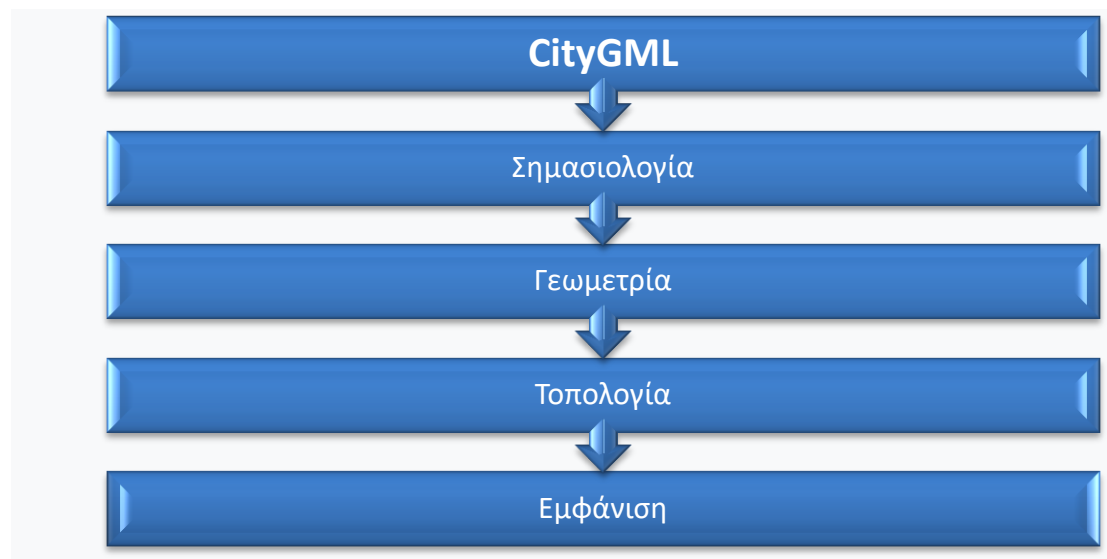
και πρέπει να υλοποιηθεί από οποιοδήποτε συμμορφούμενο σύστημα. Βασισμένο στο η βασική ενότητα CityGML, κάθε ενότητα επέκτασης περιέχει ένα λογικά ξεχωριστό θεματικό στοιχείο του Μοντέλο δεδομένων CityGML. Οι επεκτάσεις στον πυρήνα προέρχονται από κάθετη κοπή των συνολικών δεδομένων CityGML μοντέλο. Δεδομένου ότι η βασική ενότητα (core module) περιέχεται σε κάθε ενότητα επέκτασης (extension modules) , οι γενικές της έννοιες και Τα εξαρτήματα είναι καθολικά για όλες τις μονάδες επέκτασης. Οι ακόλουθες δεκατρείς θεματικές ενότητες επέκτασης είναι εισήχθη από την έκδοση 2.0 του προτύπου CityGML σχετίζονται άμεσα με τις ρήτρες αυτού του εγγράφου το καθένα καλύπτοντας το αντίστοιχο θεματικό πεδίο του CityGML.



*Διάγραμμα 2.1. Κατηγορίες του core module*

## 2.5 Μοντελοποίηση με CityGML

Το πρότυπο CityGML αντιπροσωπεύει τέσσερα διαφορετικά τμήματα-πτυχές των εικονικών τρισδιάστατων μοντέλων πόλεων, δηλαδή τη σημασιολογία, την γεωμετρία, την τοπολογία και την εμφάνιση.



*Διάγραμμα 2.2. Ενότητες του CityGML*

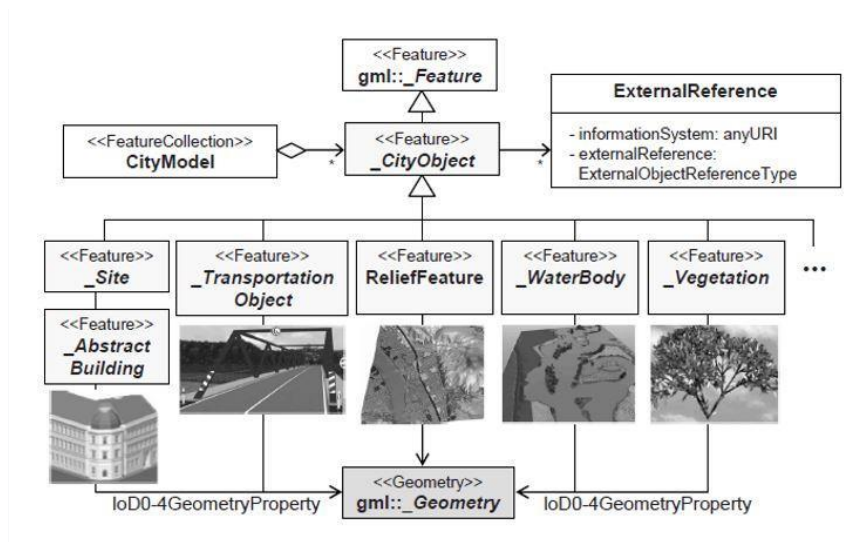
### 2.5.1 Σημασιολογία

Το σημασιολογικό μοντέλο της CityGML χρησιμοποιεί το πρότυπο ISO 19100 για την μοντελοποίηση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά είναι αφαιρέσεις των πραγματικών αντικειμένων και μοντελοποιούνται σε τάξεις οι οποίες καθορίζονται επίσημα με σημειογραφία UML. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να έχουν αυθαίρετο αριθμό χωρικών και μη-χωρικών ιδιοτήτων. Οι αρχές της αντικειμενοστραφούς μοντελοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν προκειμένου να δημιουργηθούν οι εξειδικεύσεις και οι ομαδοποιημένες ιεραρχίες.

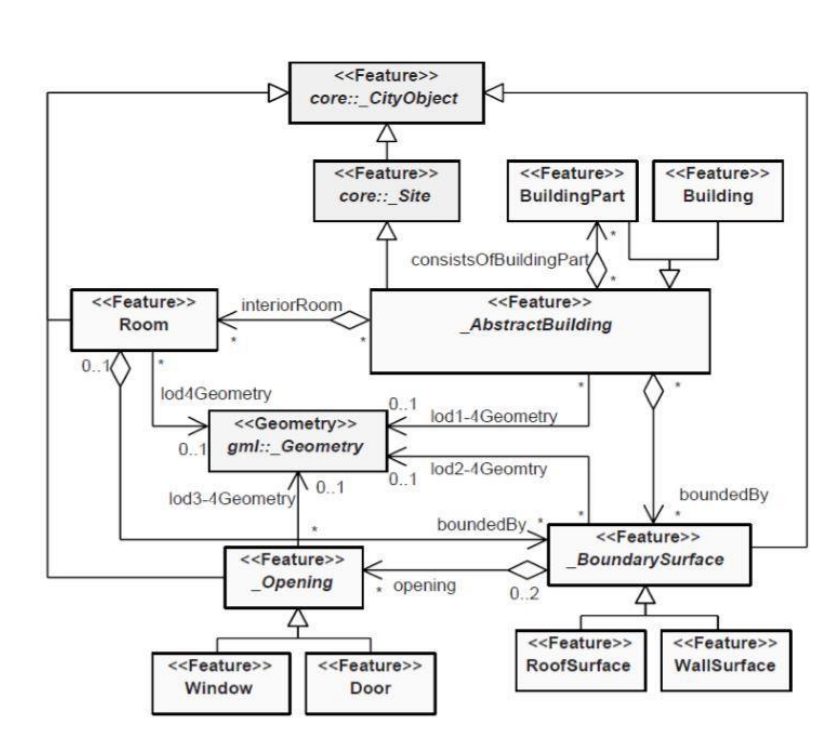
Το CityGML παρέχει ορισμούς των κατηγοριών κανονιστικές διατάξεις και επεξηγήσεις για την σημασιολογία των σημαντικότερων γεωγραφικών χαρακτηριστικών ενός εικονικού 3D μοντέλου

πόλεως, συμπεριλαμβανομένου των κτηρίων , ψηφιακών μοντέλων εδάφους (ΨΜΕ), οργανισμούς ύδατος, βλάστησης και επίπλων. Στο CityGML υφίσταται μια κύρια ταξική ιεραρχία επιπέδων και λειτουργεί με βάση τα παρακάτω. Η βασική κλάση όλων των θεματικών κατηγοριών είναι η αφηρημένη κλάση CityObject. Κληρονομεί το όνομα των ιδιοτήτων, την περιγραφή και το gml:id από την υπερκλάση GML, παρέχοντας τις επιπλέον ιδιότητες creationDate και terminationDate προκειμένου να μοντελοποιήσει τις διαφορετικές καταστάσεις των αντικειμένων βάσει των χρονικών περιόδων. Κάθε CityObject μπορεί να συνδέεται με αντικείμενα σε άλλα σύνολα δεδομένων ή εξωτερικές βάσεις δεδομένων από ένα αυθαίρετο αριθμό των ExternalReferences. Τα CityObjects μπορούν να συγκεντρωθούν για να δημιουργηθεί ένα CityModel, το οποίο είναι μια υποκατηγορία της υπερκλάσης FeatureCollection. Οι υποκατηγορίες του CityObject ανήκουν σε διαφορετικές θεματικές περιοχές, εντός των οποίων καθορίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία. Η βασική κατηγορία του κτηριακού μοντέλου είναι η AbstractBuilding από την οποία προέρχονται οι δύο μη αφηρημένες κλάσεις Building και BuildingPart. Ένα κτήριο μπορεί να περιέχει BuildingParts και όπως και η τελευταία κατηγορία προέρχεται επίσης από την AbstractBuilding. Ένα BuildingPart ή Building περιγράφεται από προαιρετικές ιδιότητες, που κληρονομούνται από το AbstractBuilding, όπως λειτουργία, χρήση, ύψος κατασκευής, ημερομηνία κατασκευής, τύπος οροφής, αριθμός ορόφων κ.α. Εν συνεχεία, όσον αφορά το LOD2, οι επιφάνειες των Buildings και των BuildingParts, μπορούν να παρασταθούν σαν σημασιολογικά αντικείμενα.

Το BoundarySurface είναι η αφηρημένη υπερκλάση αυτών των θεματικών αντικειμένων έχοντας ως υποκατηγορίες το RoofSurface, Wallsurface, GroundSurface, ClosureSurface κλπ. Μιας και προέρχονται επίσης από την κλάση CityObject, κληρονομούν τις ιδιότητες του και τις σχέσεις του. Σε LOD3 και σε LOD4, ανοίγματα σε επιφάνειες μπορούν να εκπροσωπηθούν από ξεκάθαρες θεματικές ιδιότητες των κλάσεων Window ή Door. Μόνο στο LOD4 τα κτήρια επιτρέπεται να έχουν Rooms. Μία ομαδοποιημένη ιεραρχία βάθους μπορεί να πραγματοποιηθεί όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Oosterom P. & Fendel E, 2014).



**Εικόνα 2.3.** UML διάγραμμα της κύριας ταξικής ιεραρχίας επιπέδων του CityGML. (πηγή: Kolbe T.H, 2009)

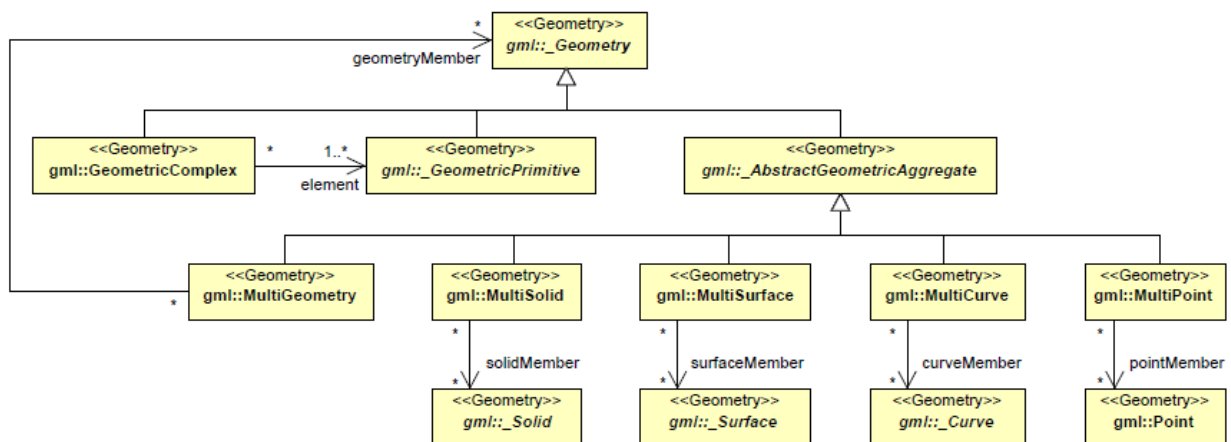


**Εικόνα 2.4.** UML διάγραμμα μοντέλου κτηρίου του CityGML. (πηγή: Kolbe T.H, 2009)



## 2.5.2 Μοντέλο Γεωμετρίας 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 τρισδιάστατα μοντέλα πόλης. Το CityGML, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω είναι ένα ανοιχτού τύπου μοντέλο δεδομένων, που βασίζεται σε XML μορφή για την αποθήκευση και την ανταλλαγή των τρισδιάστατων εικονικών μοντέλων πόλεων. Το γεωμετρικό μοντέλο CityGML χρησιμοποιεί ένα υποσύνολο του μοντέλου γεωμετρίας GML3, που είναι εφαρμογή του προτύπου ISO 19107. Το GML3, χρησιμοποιείται με άλλα OGC πρότυπα ενώ η προδιαγραφή OpenGIS Web Featured Service (WFS) παρέχει ένα πλαίσιο για την ανταλλαγή των απλών και σύνθετων τρισδιάστατων μοντέλων. Η προδιαγραφή αυτή υλοποιείται ως μία 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 συνδυάζονται προκειμένου να σχηματίζουν συμπλέγματα και σύνθετες γεωμετρίες. Για κάθε διάσταση υπάρχει ένα γεωμετρικό αρχέτυπο. Πιο συγκεκριμένα, ένα αντικείμενο μηδενικών διαστάσεων είναι σημείο, μιας διάστασης είναι καμπύλη, δύο διαστάσεων είναι επιφάνεια και τριών διαστάσεων είναι στερεό. Στο CityGML η καμπύλη είναι μία ευθεία γραμμή και οι επιφάνειες πολύγωνα που καθορίζουν μία επίπεδη γεωμετρία. Οι γεωμετρίες που προκύπτουν μπορεί να είναι συσσωματώματα, σύμπλοκα ή σύνθετα των αρχέτυπων. Σε ένα συσσωμάτωμα, η χωρική σχέση μεταξύ των συστατικών δεν είναι περιορισμένη, δηλαδή αυτά μπορεί να είναι ξένα μεταξύ τους, να αλληλεπικαλύπτονται, να ενώνονται ή α αποσυνδέονται. Το GML3 [παρέχει ένα ειδικό συσσωμάτωμα για κάθε διάσταση, το MultiPoint, το MultiCurve, το MultiSurface, το MultiSolid.



Εικόνα 2.5. Διάγραμμα UML γεωμετρικό μοντέλο CityGML (πηγή: Kolbe T, 2009)

Σε αντίθεση με τα συσσωματώματα, τα συμπλέγματα είναι τοπολογικά δομημένα. Τα στοιχεία του συμπλέγματος πρέπει να είναι ξένα μεταξύ τους αλλά θα πρέπει να συνδέονται τοπολογικά κατά μήκος των συνόρων τους.

Επίσης ένα 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 μία ταυτότητα και γεωμετρικές υποδομές. Το GML3 παρέχει κλάσεις για 0D-3D γεωμετρικά αρχέτυπα, 1D-3D σύνθετες γεωμετρίες, και 0D-3D γεωμετρικά αρχέτυπα. Κάθε σύνθετη γεωμετρία πρέπει να είναι τοπολογικά συνδεδεμένη και ισομορφική σε ένα πρότυπο από την ίδια διάσταση. Οι επιφάνειες στο CityGML μοντέλο εκπροσωπούνται από πολύγωνα, τα οποία καθορίζουν μία επίπεδη γεωμετρία. Συγκεντρωτικά γεωμετρίες όπως MultiSurface ή MultiSolid δεν επιβάλλουν τοπολογικούς περιορισμούς και έτσι τα συστατικά τους μπορούν 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 μία CompositeSurface. Επίσης, σε αυτό όλες οι συντεταγμένες ανήκουν σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων (Coordinate Reference System-CRS), ενώ οι τοπικοί μετασχηματισμοί δεν επιτρέπονται. Τα τρισδιάστατα συστήματα αναφοράς αναφέρονται σε γεωγραφικά ή προγραμματισμένα παγκόσμια συστήματα αναφοράς. Ακόμη, η GML3 υποστηρίζει σύνθετα συστήματα συντεταγμένων, 2D+1D, με διαφορετικό σύστημα αναφοράς για επιπεδομετρία (x,y) και διαφορετικό για τις κατακόρυφες συντεταγμένες (z). Η σύνδεση του κάθε αντικείμενου 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 ή συστήματα γεωπληροφορικής. Το CityGML παρέχει μία επέκταση στο γεωμετρικό μοντέλο GML3 που ονομάζεται ImplicitGeometry. Η επέκταση αυτή αναφέρεται σε μία γεωμετρία σχήματος σε ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων, ενώ ταυτόχρονα παρέχουν μία 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 γεωμετρίας, καθώς αυτές δεν μπορούν επαρκώς να αντιμετωπιστούν με την 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

Abstract Building ή Room εκχωρούνται σε ατομικές γεωμετρίες για τα διάφορα LODs από πολλαπλές ενώσεις με την ίδια γεωμετρική κλάση.

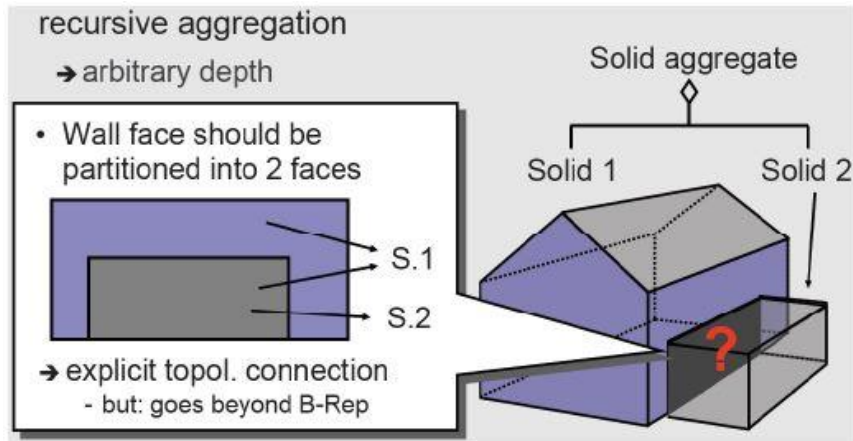
Για ένα δεδομένο μοντέλο πόλης δεν είναι συχνά γνωστό αν τα δεδομένα έχουν τοπολογική υπόσταση. Για παράδειγμα, οι οριακές επιφάνειες, οι οποίες δεν ανήκουν στο όριο του όγκου (περιοχή στέγης). Για το λόγο, οι γεωμετρίες όλων των θεματικών χαρακτηριστικών μπορούν να αναπαραχθούν είτε ως MultiSurface, συλλογή των επιφανειών στο τρισδιάστατο χώρο, είτε ως Solids, στερεά που να οριοθετούνται από μία κλειστή επιφάνεια (Biljecki F, Ledoux H, Stoter J, Vosselman G., 2016).

### 2.5.3 Τοπολογία μοντέλου CityGML

Κάθε τμήμα του χώρου απεικονίζεται μία και μοναδική φορά από ένα γεωμετρικό αντικείμενο. Λόγω αυτού, αποφεύγεται ο πλεονασμός και διατηρούνται ξεκάθαρες τοπολογικές συσχετίσεις μεταξύ των αντικειμένων και των τμημάτων. Η μεγάλη σημασία της ορθής τοπολογίας στο μοντέλο δίνεται από το γεγονός, αν αναλογιστεί κανείς για παράδειγμα ότι οι επιφάνειες οριοθέτησης ενός κτηρίου πρέπει να είναι κλειστές, για να κατασταθεί εφικτή η μέτρηση του όγκου του. Τα στερεά γειτονικών αντικειμένων όπως τα BuildingParts μπορούν να εφάπτονται, αλλά δεν μπορούν να τέμνονται, δηλαδή να εισχωρεί το ένα στο εσωτερικό του άλλου. Ακόμη, για την διευκόλυνση του υπολογισμού ενός διαγράμματος σύνδεσης που μπορεί να μετατραπεί σε ένα 3D γεωμετρικό δίκτυο για τον σχεδιασμό της βέλτιστης διαδρομής, όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής της εσωτερικής πλοήγησης, τα δωμάτια πρέπει να είναι τοπολογικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η επικρατέστερη άποψη για την αναπαράσταση της τοπολογικής και γεωμετρικής δομής στο μοντέλο προτάσσει έτσι ώστε οι συντεταγμένες να αποθηκεύονται μόνο εντός των κόμβων ή των σημείων σύνδεσης με αυτούς.

Το τοπολογικό μοντέλο του ISO 19107 και του GML3 ακολουθεί την γραμμή της πλήρους αποσύνθεσης των N-διαστάσεων τοπολογικών αρχέτυπων σε (n-1) διαστάσεων αρχέτυπο, η οποία αποσυντίθεται και πάλι στο επίπεδο των κόμβων (0D). Κάθε αρχέτυπο γίνεται αντικείμενο παίρνοντας ταυτότητα.

Στο μοντέλο δεδομένων, πέρα από τις γεωμετρικές ιδιότητες όπως lod1Solid σε lod4Solid της κατηγορίας Building, πρέπει να γίνει προσθήκη και των αντίστοιχων τοπολογικών ιδιοτήτων όπως lod1TopoSolid σε lod4TopoSolid. Είναι γεγονός ότι η χρήση του τοπολογικού μοντέλου GML3 πρόκειται να αυξήσει σημαντικά την πολυπλοκότητα του μοντέλου και του συνόλου των δεδομένων, και αυτό γιατί το πρότυπο σε CityGML αποσκοπεί στην απεικόνιση καθαρών γεωμετρικών και τοπολογικών μοντέλων.



**Εικόνα 2.6.** Τοπολογική σχέση μεταξύ σπίτι και υπόστεγου χώρου. (πηγή: Kolbe T.H, 2007)

#### 2.5.4 Εμφάνιση

Οι πληροφορίες και ιδιότητες σχετικά με την εμφάνιση μίας επιφάνειας θεωρούνται κι αυτές, πέρα από την σημασιολογία και τις χωρικές - γεωμετρικές ιδιότητες, αναπόσπαστο μέρος των εικονικών 3D μοντέλων πόλεων. Οι εμφανίσεις (Appearances) απεικονίζουν χαρακτηριστικά των επιφανειών, όπως αυτά εμφανίζονται σε συγκεκριμένους αισθητήρες, όπως RGB ή υπέρυθρες (IR) κάμερες. Οι εμφανίσεις μπορούν να χρησιμεύσουν και για οπτικοποίηση και για εργασίες ανάλυσης. Σε κάθε επιφάνεια μπορούν να εκχωρηθούν πολλές εμφανίσεις, για παράδειγμα καταγραφή άλλης RGB υφής μίας επιφάνειας κτιρίου το καλοκαίρι και άλλης το χειμώνα. Οι διαφορετικές αυτές υφές της ίδιας επιφάνειας μπορούν να αντιστοιχηθούν σε διαφορετικά θέματα, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο κατάλληλα στο CityGML (multi-texturing). Τα δεδομένα εμφάνισης δίνονται από εικόνες υφών ή από καθορισμένα υλικά, όπως υιοθετήθηκαν από X3D και COLLADA. Το CityGML παρέχει διαφορετικούς τρόπους για το πώς τα δεδομένα raster αντιστοιχούνται στις επιφάνειες. Τα GeoreferencedTextures για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν την εμφάνιση μη κατακόρυφων επιφανειών με γεωαναφορά. Επιπλέον, τα ParameterizedTextures χρησιμοποιούν είτε συντεταγμένες της υφής για κάθε επιφάνεια, πάνω στην οποία πρέπει να χαρτογραφηθεί ή μία μήτρα προβολής. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί από τον εξωτερικό προσανατολισμό της κάμερας και την εστιακή απόσταση, που σχετίζονται με την εικόνα της υφής. (Kolbe, T. H., 2009).

## 2.6 Γλώσσα UML

Η Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (UML) είναι μια γλώσσα μοντελοποίησης η οποία προέρχεται από τον κλάδο της πληροφορικής και συγκεκριμένα από τον τομέα της μηχανικής λογισμικού. Η UML αποτελεί πρότυπο τρόπο οπτικοποίησης στο σχεδιασμό ενός συστήματος λογισμικού από το πρώτο στάδιο της ανάλυσης απαιτήσεων έως και τον έλεγχο του ολοκληρωμένου συστήματος. Η γλώσσα UML συντελείται από πληθώρα συμβόλων, όρων και διαγραμμάτων. Βασικά στοιχεία τα οποία εμφανίζονται στα εν λόγω διαγράμματα είναι οποιαδήποτε δραστηριότητα, μεμονωμένα στοιχεία του συστήματος, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν με άλλα στοιχεία του λογισμικού, τον τρόπο εκτέλεσης του συστήματος, την αλληλεπίδραση μεταξύ οντοτήτων και η διεπαφή του χρήστη.

Η UML διακρίνεται μεταξύ δύο τύπων μοντελοποίησης τη στατική και τη δυναμική. Η στατική όψη δίνει έμφαση στη δομή του συστήματος χρησιμοποιώντας αντικείμενα, χαρακτηριστικά λειτουργίας και σχέσεις και περιλαμβάνει διαγράμματα κλάσεων και συνθέτης δομής. Ενώ η δυναμική όψη επικεντρώνεται στη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος παρουσιάζοντας την συνεργατικότητα μεταξύ των αντικειμένων και τις εσωτερικές μεταβολές των καταστάσεων τους. Χαρακτηριστικά περιλαμβάνει ακολουθιακά διαγράμματα, διαγράμματα δραστηριοτήτων και διαγράμματα μηχανών καταστάσεων.

Γενικά τα UML μοντέλα μπορούν διαμορφώνονται μέσω των διαφόρων εργαλείων της UML χρησιμοποιώντας το μορφότυπο XML Metadata Interchange (XMI). Στη UML, βασικό εργαλείο για το μοντέλο συμπεριφοράς είναι το μοντέλο περίπτωσης χρήσης (use-case), το οποίο είναι ένας τρόπος προσδιορισμού των σημαντικών και απαιτούμενων χρήσεων ενός συστήματος. Ο συνηθισμένος τρόπος χρήσης του use-case είναι για την αποτύπωση των απαιτήσεων ενός συστήματος, δηλαδή τι πρέπει να κάνει ένα σύστημα.

Τέλος, η UML διαθέτει αρκετούς τύπους διαγραμμάτων οι οποίοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Ορισμένοι τύποι αναπαριστούν δομικές πληροφορίες (Structure diagram), ενώ άλλοι αναπαριστούν γενικούς τύπους συμπεριφοράς (Behavior diagram), συμπεριλαμβανομένων μερικών τύπων που εντάσσονται κάτω από τα διαγράμματα αλληλεπιδράσεων (Interaction diagram). Ονομαστικά, στην κατηγορία διαγραμμάτων δομικών πληροφοριών ανήκουν τα διαγράμματα κλάσεων (Class diagram), τα διάγραμμα συστατικών (Component diagram), διάγραμμα σύνθετης δομής (Composite structure diagram), διάγραμμα ανάπτυξης (Deployment diagram), διάγραμμα αντικειμένων (Object diagram), διάγραμμα πακέτων (Package diagram), διάγραμμα προφίλ (Profile diagram). Ενώ στην κατηγορία διαγραμμάτων συμπεριφοράς ανήκουν τα διαγράμματα δραστηριοτήτων (Activity diagram), τα διάγραμμα επικοινωνίας (Communication diagram), διάγραμμα επισκόπησης (Interaction overview diagram), διάγραμμα ακολουθίας (Sequence diagram), διάγραμμα κατάστασης (State diagram), διάγραμμα χρονισμού (Timing diagram), διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (Use case diagram).

## 2.7 XML

### ✓ XML

Η Extensible Markup Language (XML) είναι μία γλώσσα σήμανσης καθώς και μία μορφή αρχείου για αποθήκευση μετάδοση και ανακατασκευή αυθαίρετων δεδομένων. Η γλώσσα XML ορίζεται από ένα σύνολο κανόνων για την κωδικοποίηση εγγράφων η οποία καθίσταται κατανοητή και ευανάγνωστη από τους ανθρώπους αλλά και τις μηχανές-υπολογιστές.

Η XML έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την απλότητα τη γενικότητα και την χρηστικότητα στο διαδίκτυο. Αποτελεί ένα μορφότυπο δεδομένων κειμένου με ισχυρή υποστήριξη μέσω του προτύπου Unicode, το οποίο είναι ένα πρότυπο στον τομέα της πληροφορικής που είναι υπεύθυνο για τη συνεπή κωδικοποίηση, αναπαράσταση και χειρισμό κειμένου που εκφράζεται στα περισσότερα συστήματα γραφής του κόσμου. Αν και η XML εστιάζει στα έγγραφα, είναι γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την αναπαράσταση αυθαίρετων δομών δεδομένων, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στις υπηρεσίες του διαδικτύου.

Ποικίλα συστήματα σχημάτων (schema systems) υπάρχουν τα οποία βοηθούν στον ορισμό γλωσσών βασισμένων στην XML, καθώς επίσης η κοινότητα των προγραμματιστών έχει αναπτύξει πληθώρα εφαρμογών (APIs) τα οποία χρησιμεύουν στην επεξεργασία XML δεδομένων.

Ο κύριος σκοπός της XML είναι η σειριοποίηση (serialization), δηλαδή η αποθήκευση, η μετάδοση και η ανακατασκευή αυθαίρετων δεδομένων. Για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο διαφορετικών συστημάτων, τα οποία πρέπει να συμφωνήσουν σε μια μορφή αρχείου. Η XML τυποποιεί αυτή τη διαδικασία.

Η XML ως γλώσσα σήμανσης (markup language), επισημαίνει, κατηγοριοποιεί και οργανώνει δομικά τις πληροφορίες. Οι XML ετικέτες (tags) αναπαριστούν τη δομή των δεδομένων και περιέχουν μεταδεδομένα. Τα περιεχόμενα των ετικετών είναι δεδομένα, κωδικοποιημένα με τον τρόπο που ορίζει το πρότυπο XML. Ένα πρόσθετο XML σχήμα (XSD) ορίζει τα απαραίτητα μεταδεδομένα για την ερμηνεία και την επικύρωση της XML, κοινώς κανονικοποιεί το σχήμα. Ένα έγγραφο XML που τηρεί τους βασικούς κανόνες της XML είναι "καλά διαμορφωμένο" ("well-formed")-ένα έγγραφο που τηρεί το σχήμα του είναι "έγκυρο" ("valid").



## 2.8 GML

### ✓ GML

Η Geography Markup Language (GML) είναι η XML γραμματική που ορίζεται από την Open Geospatial Consortium (OGC) για την έκφραση γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Η GML χρησιμεύει ως γλώσσα μοντελοποίησης για γεωγραφικά συστήματα. Το κλειδί για τη χρησιμότητα της GML είναι η ικανότητά της να ενσωματώνει όλες τις μορφές γεωγραφικών πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των συμβατικών "διανυσματικών", των διακριτών αντικειμένων, των επιφανειών καλύψεων και των δεδομένων αισθητήρων.

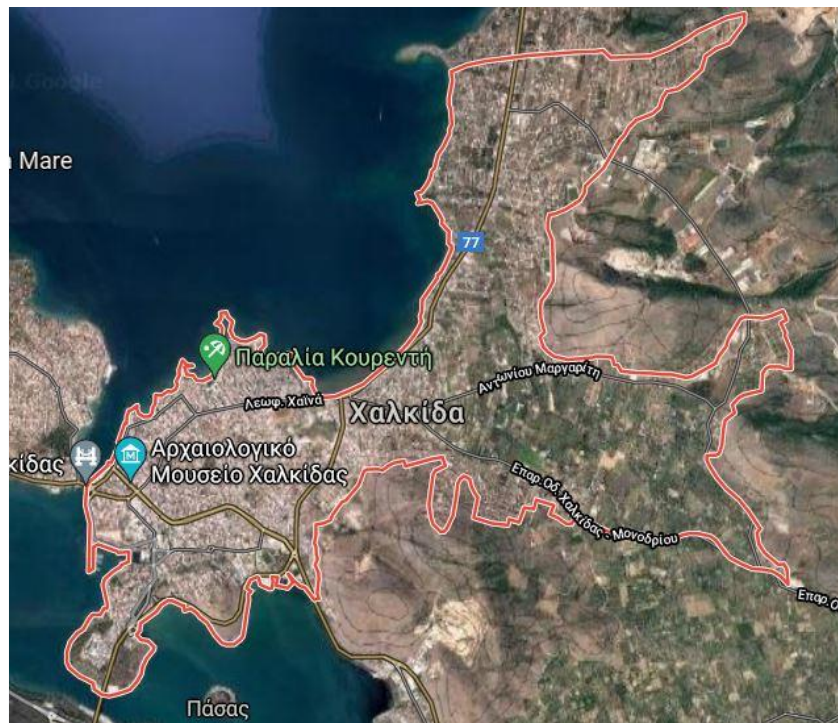
Η GML περιέχει ένα πλούσιο σύνολο πρωτογενών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σχημάτων ή γλωσσών εφαρμογών για συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτά τα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα, όπως για παράδειγμα αν το αντικείμενο είναι ένα κτήριο, ένα ποτάμι ή ένα άτομο· γεωμετρία, σύστημα αναφοράς συντεταγμένων, τοπολογία, χρόνος, άλλα δυναμικά χαρακτηριστικά, κάλυψη (συμπεριλαμβανομένων των γεωγραφικών εικόνων), μονάδες μέτρησης, κατευθύνσεις, παρατηρήσεις και κανόνες μορφοποίησης παρουσίασης χάρτη.

Το αρχικό μοντέλο GML βασίστηκε στο πλαίσιο περιγραφής πόρων (RDF) του παγκόσμιου ιστού. Στη συνέχεια, το OGC εισήγαγε σχήματα XML στη δομή του GML για να βοηθήσει στη σύνδεση των διαφόρων υφιστάμενων γεωγραφικών βάσεων δεδομένων, των οποίων η σχεσιακή δομή XML σχημάτων ορίζεται ευκολότερα. Η GML βασίζεται σε XML σχήματα και διατηρεί πολλά χαρακτηριστικά του RDF, συμπεριλαμβανομένης της ιδέας των θυγατρικών στοιχείων ως ιδιοτήτων του μητρικού αντικειμένου (RDFS) και της χρήσης απομακρυσμένων αναφορικών ιδιοτήτων.

## Κεφάλαιο 3: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑ ΜΙΣΘΩΣΗ

### 3.1. Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

Η Εύβοια είναι το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας. Η Χαλκίδα είναι η πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας Εύβοιας και απέχει περίπου 70km από την Αθήνα. Ο Πορθμός του Ευρίπου χωρίζει το δήμο σε δύο πλευρές, όπου ένα μέρος της καταλαμβάνει τμήμα της νήσου Εύβοιας ενώ το άλλο έχει κτιστεί στη Στερεά Ελλάδα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός της αλλαγής της κατεύθυνσης των υδάτων, το οποίο αποτελεί χαρακτηριστικό φαινόμενο και πόλο έλξης για την περιοχή.



*Φωτογραφία 3.1. Φωτογραφία του οικισμού του Άρματος Βοιωτίας από δορυφόρο με τη χρήση του προγράμματος Google Earth. (Πηγή: Google Earth)*

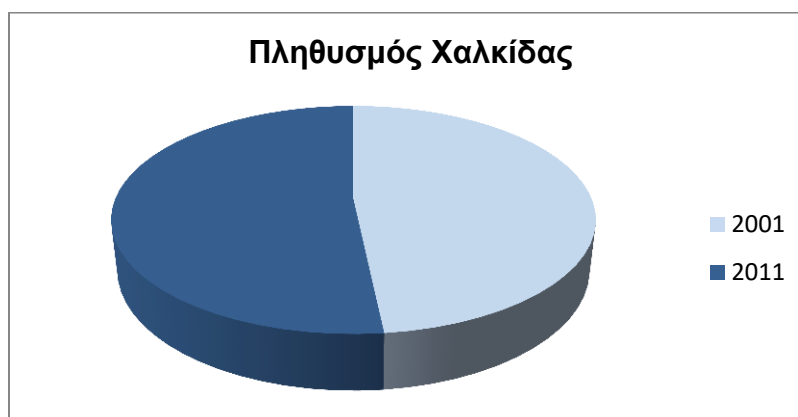


### 3.2. Πληθυσμός

Η έκτασή του δήμου Χαλκίδας είναι 424,77 km<sup>2</sup> και ο πληθυσμός του φτάνει τους 102.223 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Έδρα του δήμου είναι η Χαλκίδα με πληθυσμό 59.125 όπως διαφαίνεται από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία.

Πίνακας	2001	2011
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	207.305	210.815
ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΕΩΝ		102.223
ΧΑΛΚΙΔΑ	55.264	59.125

*Πίνακας 3.1. Πληθυσμακά δεδομένα δήμου Χαλκίδας*



*Σχήμα 3.1. Πληθυσμιακή απεικόνιση*

### 3.3.Τουρισμός

Η Εύβοια είναι αδιαμφισβήτητα ένας πολύ ενδιαφέρων προορισμός. Αποτελεί τουριστικό κίνητρο καθώς εκτός του εύκρατου κλίματος της, διαθέτει μορφολογία που ενδείκνυται για ποικίλες δραστηριότητες. Ο νομός αυτός είναι ένα συνονθύλευμα από παραλίες, δάση, ποτάμια, καταρράχτες, ιαματικές πηγές, φαράγγια, υδροβιότοπους, ορεινούς όγκους, αρχαιολογικούς και εκκλησιαστικούς χώρους, μνημεία καθώς και μουσεία. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή της Χαλκίδας υπάρχει το κάστρο Ευρίπου και το φρούριο Καράμπαμπα από το οποίο απολαμβάνει κανείς τη μοναδική θέα της.



*Φωτογραφία 3.2. Φωτογραφία του Κάστρου*

Όσον αφορά την ιδιαιτερότητα της περιοχής δεν είναι άλλη από τα "τρελά νερά". Το φαινόμενο αυτό του Ευρίπου όπου τα νερά κινούνται συνεχώς και συγχρόνως αλλάζουν κατεύθυνση έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης αλλά και πόλος έλξης επισκεπτών.

Ξενοδοχεία	2014	2015	2016	2017	2018	2019
5	3	3	3	2	2	2
4	15	15	17	20	21	21
3	54	55	57	61	67	72
2	149	153	146	138	131	125
1	27	26	25	26	27	25
Συνολικά	248	252	248	247	248	245

*Πίνακας 3.2. Ξενοδοχειακό δυναμικό περιφερειακής ενότητας Ευβοίας  
(Πηγή: Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος)*

### 3.4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑ ΜΙΣΘΩΣΗ

Ο τουρισμός είναι μια οικονομική δραστηριότητα που γνωρίζει σε παγκόσμιο επίπεδο ραγδαία ανάπτυξη. Ο ξενοδοχειακός κλάδος αποτελεί τον κυρίαρχο πυλώνα της τουριστικής βιομηχανίας. Τα τελευταία χρόνια η Οικονομία κοινής χρήσης ή αλλιώς Οικονομία Διαμοιρασμού (Sharing Economy) επεκτείνεται σε όλο και περισσότερους τομείς και η χρήση της γίνεται συνεχώς πιο αποδεκτή, από ένα μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού, το οποίο βρίσκει ευκολότερα λύσεις για καθημερινά προβλήματα. Η "οικονομία διαμοιρασμού" (Sharing Economy) είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια για να περιγράψει την εμπορική δραστηριότητα μέσω διαδικτυακών πλατφόρμων όπου τρίτα μέρη (συνήθως από καταναλωτές σε καταναλωτές) συναλλάσσονται μεταξύ τους, παρέχοντας πρόσβαση σε διαθέσιμους πόρους ή σε πόρους που δεν χρησιμοποιούν επαρκώς (π.χ. χρόνο, δεξιότητες, άδεια δωμάτια, μη χρησιμοποιούμενα αυτοκίνητα, κτλ.) με οικονομικά κυρίως κίνητρα.

Οι Hawksworth & Vaughan (2015) κατατάσσουν τους τομείς των προϊόντων και υπηρεσιών που ανήκουν στην κοινή οικονομία κυρίως σε πέντε μακροοικονομικές κατηγορίες:

- ✓ Διαμονή από ομότιμους (peer to peer accommodation): νοικοκυριά που μοιράζονται τον αχρησιμοποίητο χώρο στο σπίτι τους ή ένα ξεχωριστό σπίτι. Τα έσοδα στον συγκεκριμένο τομέα αναμένεται να εμφανίσουν ρυθμό αύξησης 31% στα έσοδα κατά 2025, σύμφωνα με την έρευνα της PwC (Hawksworth & Vaughan, 2014). Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται εταιρίες καταλυμάτων όπως η Airbnb, η Couchsurfing, η Homeaway.
- ✓ Μεταφορά από ομότιμους (peer to peer): άτομα που μοιράζονται μια διαδρομή, ένα αυτοκίνητο ή χώρο στάθμευσης με άλλους.
- ✓ Υπηρεσίες οικιακής χρήσης κατ' απαίτηση: αγορές ελεύθερων επαγγελματιών που επιτρέπουν στα νοικοκυριά να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες οικιακών καθηκόντων όπως η παράδοση τροφίμων, επισκευές, καθαριότητα κ.α.
- ✓ Επαγγελματικές υπηρεσίες κατ' απαίτηση: αγορές ελεύθερων επαγγελματιών που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να έχουν πρόσβαση σε υποστήριξη δεξιοτήτων όπως η διοίκηση, η παροχή συμβουλών και η λογιστική κ.α.
- ✓ Συνεργατική χρηματοδότηση: ιδιώτες και επιχειρήσεις που επενδύουν, δανείζουν και δανείζονται απευθείας μεταξύ τους άλλες, όπως η χρηματοδότηση από το πλήθος και ο δανεισμός από ομότιμους

Η οικονομία διαμοιρασμού στον τομέα της φιλοξενίας αναπτύχθηκε μέσα από τον τομέα ενοικίασης καταλυμάτων για διακοπές. Σημαντικό καθίσταται να αποσαφηνιστεί τι σημαίνει βραχυχρόνια μίσθωση και σε τι διαφέρει από τη μακροχρόνια. Στο πλαίσιο της οικονομίας του διαμοιρασμού βραχυχρόνια καλείται η μίσθωση ακινήτου μέσω ψηφιακών πλατφορμών η οποία δεν ξεπερνά τη διάρκεια ενός έτους ενώ συγχρόνως οι παροχές του δεν είναι άλλες εκτός από αυτές της διαμονής και των κλινοσκεπασμάτων.

Συνοπτικά σύμφωνα με την Ανεξάρτητη Αρχή Δημοσίων Εσόδων για την βραχυχρόνια μίσθωση ενός ακινήτου υπάρχουν τα εξής στάδια:

- Είσοδος με τους προσωπικούς κωδικούς TAXISnet στο Μητρώο Ακινήτων Βραχυχρόνιας Διαμονής που τηρείται στον ιστότοπο [www.aade.gr](http://www.aade.gr).
- Καταχώριση του ακινήτου και απόκτηση Αριθμό Μητρώου Ακινήτου (Α.Μ.Α.).
- Ανάρτηση του Αριθμού Μητρώου Ακινήτου (Α.Μ.Α.) στις ψηφιακές πλατφόρμες της οικονομίας του διαμοιρασμού, καθώς και σε κάθε μέσο προβολής.
- Υποβολή της Δήλωσης Βραχυχρόνιας Διαμονής μέχρι τις 20 του επόμενου μήνα από την ημέρα αναχώρησης του μισθωτή από το ακίνητο.
- Οριστικοποίηση στοιχείων, ανά ακίνητο, Δήλωσης Βραχυχρόνιας Διαμονής, μέχρι την τελευταία ημέρα του τρίτου μήνα από την έναρξη λειτουργίας της εφαρμογής του «Μητρώου Ακινήτων Βραχυχρόνιας Διαμονής».

Αναλυτικά το άρθρο 111 του Ν. 4446/2016 όπως τροποποιήθηκε και ισχύει σήμερα:

Για τους σκοπούς του παρόντος άρθρου ως ακίνητο νοείται:

α) το διαμέρισμα,

β) η μονοκατοικία, εξαιρουμένων των μονοκατοικιών οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως τέτοιες λόγω της κατάργησης της σύστασης οριζόντιας ιδιοκτησίας,

γ) οποιαδήποτε άλλη μορφή οικήματος με δομική και λειτουργική αυτοτέλεια,

δ) τα δωμάτια εντός διαμερισμάτων ή μονοκατοικιών.

Αξίζει να σημειωθεί πως για να υπάρξει άνθιση του τομέα της βραχυχρόνια μίσθωσης η παρεχόμενη υπηρεσία οφείλει να ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του πελάτη Σύμφωνα με το μοντέλο 5- διαστάσεων SERVQUAL των Parasuraman, Zeithaml, και Berry (1988) αξιολογούνται οι εμπειρίες των πελατών με βάση πέντε μεταβλητές:

- Τις υλικές παροχές και εξοπλισμός,
- Την αξιοπιστία,
- Την απόκριση, δηλαδή την προθυμία των επιχειρήσεων να βοηθήσουν τους πελάτες
- Την διαβεβαίωση, την ικανότητα τους να εμπνέουν ασφάλεια και εμπιστοσύνη στους πελάτες
- Τη φροντίδα, εξατομικευμένη προσοχή που παρέχεται στους πελάτες

Συνεπώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένες η ποιότητα των υπηρεσιών, η ικανοποίηση των πελατών, η διατήρηση των πελατών και η κερδοφορία της επιχείρησης Δεδομένων των παραπάνω κριτηρίων, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η ποιότητα των υπηρεσιών διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος

### 3.5 ΦΟΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σύμφωνα με το άρθρο 39 Α που προστέθηκε στον Κώδικα Φορολογίας Εισοδήματος (Ν. 4172/2013) η φορολογική μεταχείριση του εισοδήματος από βραχυχρόνια μίσθωση ακινήτων στο πλαίσιο της οικονομίας διαμοιρασμού είναι η εξής:

- Το εισόδημα που αποκτάται, από φυσικά πρόσωπα, από τη βραχυχρόνια μίσθωση ακινήτου της οικονομίας διαμοιρασμού είναι εισόδημα από ακίνητη περιουσία και εφαρμόζονται οι διατάξεις του άρθρου 39 και της παρ. 4 του άρθρου 40 του ν. 4172/2013, όπως ισχύουν, εφόσον τα ακίνητα εκμισθώνονται επιπλωμένα χωρίς την παροχή οποιασδήποτε υπηρεσίας πλην της παροχής κλινοσκεπασμάτων. Συνεπώς σύμφωνα με το άρθρο 40 του ΚΦΕ, το ετήσιο εισόδημα από ακίνητη περιουσία φορολογείται με την ακόλουθη κλίμακα:

<b>0 – 12.000 ευρώ</b>	<b>15%</b>
<b>12.0001 – 35.000 ευρώ</b>	<b>35%</b>
<b>35.001 ευρώ και άνω</b>	<b>45%</b>

Σε περίπτωση που παρέχονται οποιοσδήποτε άλλες υπηρεσίες, το εισόδημα αυτό φορολογείται ως προερχόμενο από επιχειρηματική δραστηριότητα του άρθρου 21 του ν. 4172/2013, όπως ισχύει.

- Το εισόδημα που αποκτάται από νομικά πρόσωπα ή νομικές οντότητες, από τη βραχυχρόνια μίσθωση ακινήτου της οικονομίας διαμοιρασμού, όπως ορίζεται στην προηγούμενη παράγραφο, θεωρείται εισόδημα από ακίνητη περιουσία.
- Οι διατάξεις των προηγούμενων παραγράφων ισχύουν για τα εισοδήματα που αποκτώνται από το φορολογικό έτος που αρχίζει από 1.1.2017 και εφεξής.
- Το εισόδημα που αποκτάται στο πλαίσιο των διατάξεων του άρθρου 39Α του ν. 4172/2013 (Α'167) απαλλάσσεται του ΦΠΑ.
- Οι μισθωτές κατοικιών με βραχυχρόνια μίσθωση απαλλάσσονται του τέλους διαμονής.

### 3.6 ΚΑΤΑΛΥΜΑΤΑ ΒΡΑΧΥΧΡΟΝΙΑΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΣΤΗ ΧΑΛΚΙΔΑ

Η Χαλκίδα επιλέχθη για περιοχή μελέτης καθώς είναι μία πόλη με μεγάλο ενδιαφέρον. Η ομορφιά της σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητές της την καθιστούν θελκτική για τους επισκέπτες. Η αύξηση της επισκεψιμότητας είναι κινητήρια δύναμη και συνεπάγεται την αύξηση των χώρων διαμονής δηλαδή των καταλυμάτων. Επίσης, οι ιδιοκτήτες των ακίνητων που δεν τα ιδιοκατοικούσαν, αλλά είχαν ως στόχο την οικονομική εκμετάλλευσή τους, προτιμούσαν τις μακροχρόνιες μισθώσεις ακόμη και σε χαμηλότερη οικονομική απόδοση. Όλα αυτά σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιούργησαν ένα κλίμα εμπιστοσύνης σχετικά με τις διαδικτυακές πλατφόρμες βραχυχρόνιας μίσθωσης.

Στην παρούσα διπλωματική ο εντοπισμός των καταλυμάτων βραχυχρόνιας μίσθωσης έγινε μέσω ειδικών ψηφιακών πλατφορμών. Κάποιες από αυτές είναι οι εξής:

✓ <https://www.airbnb.gr/>

Η Airbnb ιδρύθηκε το 2008, για να δημιουργήσει έναν κόσμο όπου ο καθένας μπορεί να ανήκει οπουδήποτε, παρέχοντας ταξίδια τοπικά, αυθεντικά, χωρίς αποκλεισμούς και βιώσιμα. Η Airbnb εκμεταλλεύεται τη μοναδική τεχνολογία για να ενισχύσει οικονομικά εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο, κερδίζοντας χρήματα από τους χώρους και την επιθυμία τους να γίνουν επιχειρηματίες στον τομέα της φιλοξενίας. Η αγορά καταλυμάτων της Airbnb παρέχει πρόσβαση σε περίπου 6 εκατομμύρια μοναδικά μέρη για διαμονή, σε 100.000 πόλεις και 191 χώρες και περιοχές. Επίσης, προσφέρει πρόσβαση στις τοπικές κοινότητες μέσω 40.000 μοναδικών δραστηριοτήτων που διοργανώνονται από οικοδεσπότες σε 1.000 και πλέον αγορές σε όλο τον κόσμο. Η πλατφόρμα People-to-People της Airbnb ωφελεί όλους τους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των φιλοξενουμένων, των επισκεπτών, των εργαζομένων και των κοινοτήτων στις οποίες δραστηριοποιείται (Airbnb, 2019).

✓ <https://www.booking.com/>

Μέσω της πλατφόρμας Booking.com παρέχονται online υπηρεσίες κρατήσεων. Η εν λόγω πλατφόρμα λειτουργεί ως μεσάζων (πράκτορας) μεταξύ των επισκεπτών που επιθυμούν να κάνουν κράτηση σε κατάλυμα και του ξενοδοχείου, καταλύματος ή προσωρινής/παραθεριστικής κατοικίας. Αλλιώς πρόκειται για το λεγόμενο «μοντέλο πρακτορείου».

✓ <https://www.trivago.gr/>

Η trivago είναι μια μηχανή αναζήτησης τιμών και πληροφοριών για ξενοδοχεία και γεννήθηκε το 2004 στο Ντίσελντορφ της Γερμανίας ενώ η πρώτη έκδοση της ιστοσελίδας ήταν στον αέρα το 2005. Το 2007 ξεκίνησε να λειτουργεί η trivago Ισπανίας, Γαλλίας και Αγγλίας, ενώ έναν χρόνο αργότερα λανσάρονται οι πλατφόρμες της Πολωνίας και της Σουηδίας. Η Ελληνική πλατφόρμα της trivago είναι στον αέρα από το 2008. Το 2009, ήταν διαθέσιμες και οι πρώτες μη ευρωπαϊκές πλατφόρμες σε άλλες χώρες όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες, Κίνα, Ιαπωνία, Βραζιλία και Μεξικό.

Προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά η αναζήτηση έγινε με ποικίλους τρόπους. Αρχικά πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους.

1<sup>η</sup> αναζήτηση → καλοκαίρι

2<sup>η</sup> αναζήτηση →τέλη Σεπτέμβρη

3<sup>η</sup> αναζήτηση →Νοέμβρη

Ο λόγος που επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες χρονικές περίοδοι είναι για να εντοπιστούν τα περισσότερα καταλύματα . Παρατηρείται έντονη μείωση των καταλυμάτων κατά τη χειμερινή περίοδο σε σύγκριση με το καλοκαίρι όπου ο αριθμός αυξάνεται έντονα. Έτσι έχοντας πάρει αυτό το δείγμα, στη βάση δεδομένων εισήχθησαν συνολικά τα καταλύματα που λειτουργούσαν όλο το χρόνο ή και μόνο τους μήνες με τουριστικό ενδιαφέρον.

Η δεύτερη αναζήτηση που χρειάζεται προσοχή είναι αυτή του χρονικού διαστήματος διαμονής. Οι ψηφιακές πλατφόρμες παρέχουν την δυνατότητα επιλογής μίσθωσης από ένα έως μεγάλου αριθμού ημερών διαμονής. Συνεπώς, ο ιδιοκτήτης μπορεί να ρυθμίσει αν επιθυμεί επισκέπτες για μονοήμερη ή πολυήμερη κράτηση.

Μια τρίτη παράμετρο ,η οποία χρήζει σημασίας, είναι η αποφυγή ημερών με μεγάλη ζήτηση καθώς όπως είναι φυσικό θα υπάρχει πληρότητα σε αρκετά καταλύματα με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται στη διαθεσιμότητα και συνεπώς δεν θα είναι εντοπίσιμα.



## Κεφάλαιο 4: ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ 3D CITY MODELING ATHENS ME CITYGML

### 4.1 Λογισμικά και επεξεργασία δεδομένων

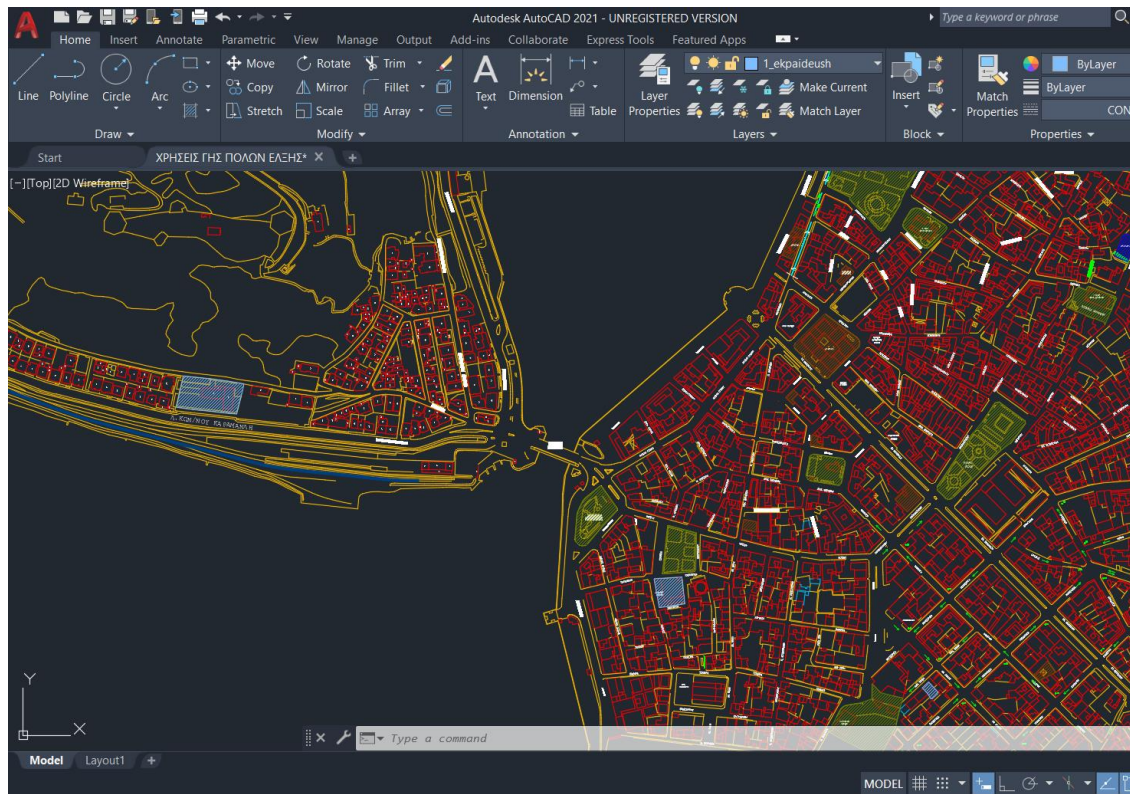
Για αρχή χρειάστηκε η εγκατάσταση των ακολούθων:

1. Qgis
2. pgAdmin4 ( <https://www.pgadmin.org/download/> )
3. PostgreSQL 13.4 ( <https://www.postgresql.org/download/> )
4. Java ( <https://www.java.com/en/download/> )
5. Notepad ++
6. 3DCityDB-Importer-Exporter-4.3.0 ( <https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/downloads/> )
7. FME ( <https://www.safe.com/fme/trial/> )

### Περίληψη διαδικασίας

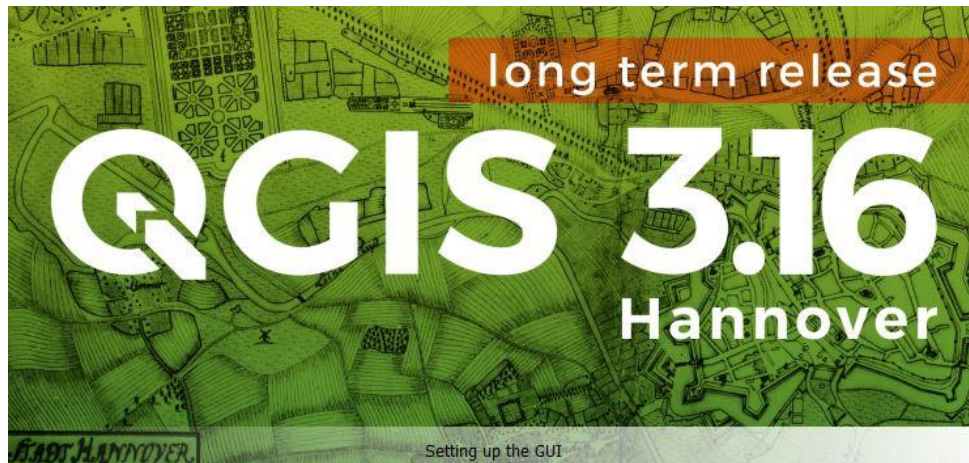
Η διαδικασία υλοποίησης της διπλωματικής έγινε με αρχικό δεδομένο ένα αρχείο AutoCAD που απεικονίζει τα όρια των κτηρίων. Στη συνέχεια, έγινε επεξεργασία του αρχείου μέσω του λογισμικού QGIS. Το παραγόμενο shape file (.shp) εμπεριέχει τα πολύγωνα της περιοχής μελέτης. Αφού έγιναν κάποιες προσθαφαιρέσεις, εισάχθηκαν οι επιθυμητές πληροφορίες δηλαδή του αριθμού των ορόφων και των καταλυμάτων με κύρια χρήση τη βραχυχρόνια μίσθωση. Ακολούθως κατασκευάστηκε ο κώδικας σε γλώσσα GML μέσω του προγράμματος FME. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η αναγκαία βάση μέσω του λογισμικού pgAdmin4 (PostgreSQL). Για την εξαγωγή του τελικού τρισδιάστατου μοντέλου έγινε χρήση του ελεύθερου λογισμικού 3DCityDataBase Importer/Exporter. Η οπτικοποίηση του εξαγόμενου αρχείου μορφής .kml έγινε μέσω των προγραμμάτων Google Earth και FZK Viewer.

Αρχικό εργαλείο αποτέλεσε ένα δισδιάστατο σχέδιο για την περιοχή μελέτης .Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει τα όρια των κτηρίων και το αρχείο είναι σε μορφή .dwg. Συνεπώς, καθίσταται εύκολη η τροποποίηση μέσω του λογισμικού AutoCAD.

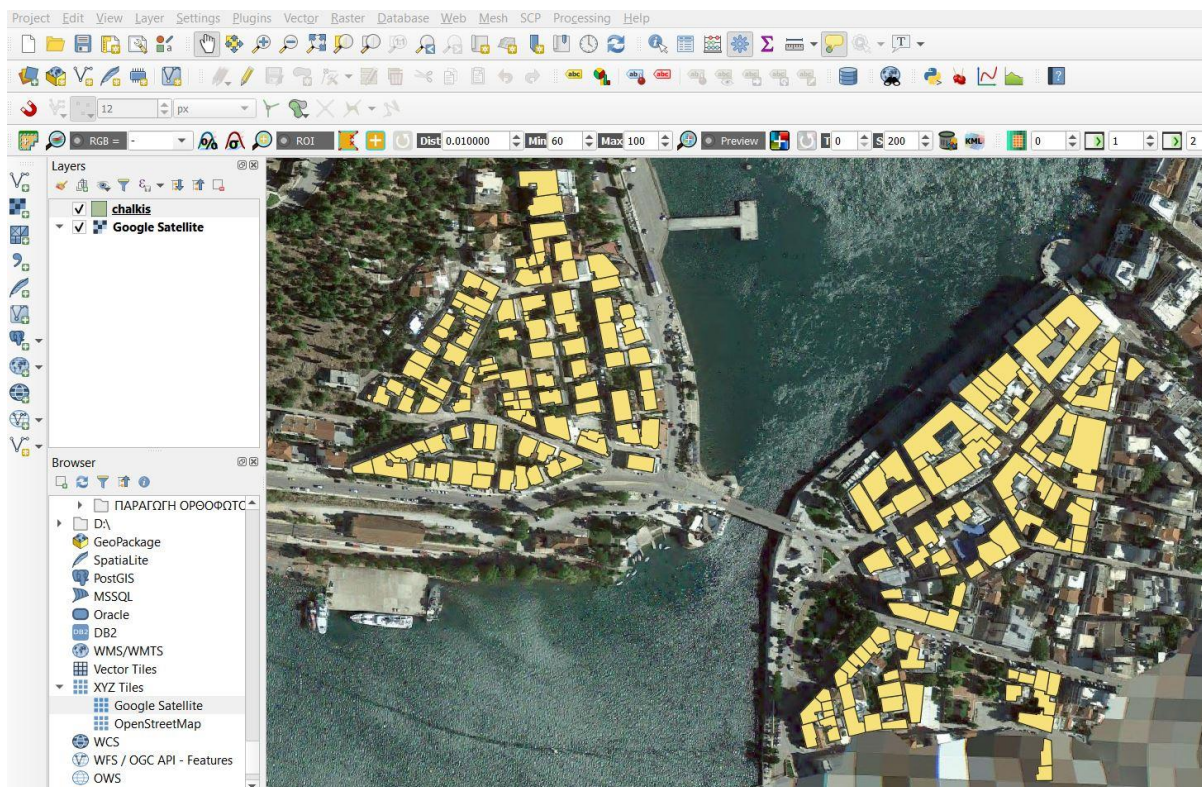


**Εικόνα 4.1.** Σχέδιο κτηρίων για την περιοχή της Χαλκίδος σε μορφή .dwg (Μπακογιάννης Ε, 2015)

Στην συνέχεια, προκειμένου η πληροφορία να οργανωθεί καλύτερα μετατράπηκε το αρχείο μορφής AutoCAD σε μορφή shape file (\*.shp). Η διαδικασία αυτή έγινε σε περιβάλλον QGIS, ενός ελεύθερου λογισμικού που υποστηρίζει την προβολή, επεξεργασία και ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων.



*Εικόνα 4.2. Λογότυπο QGIS*

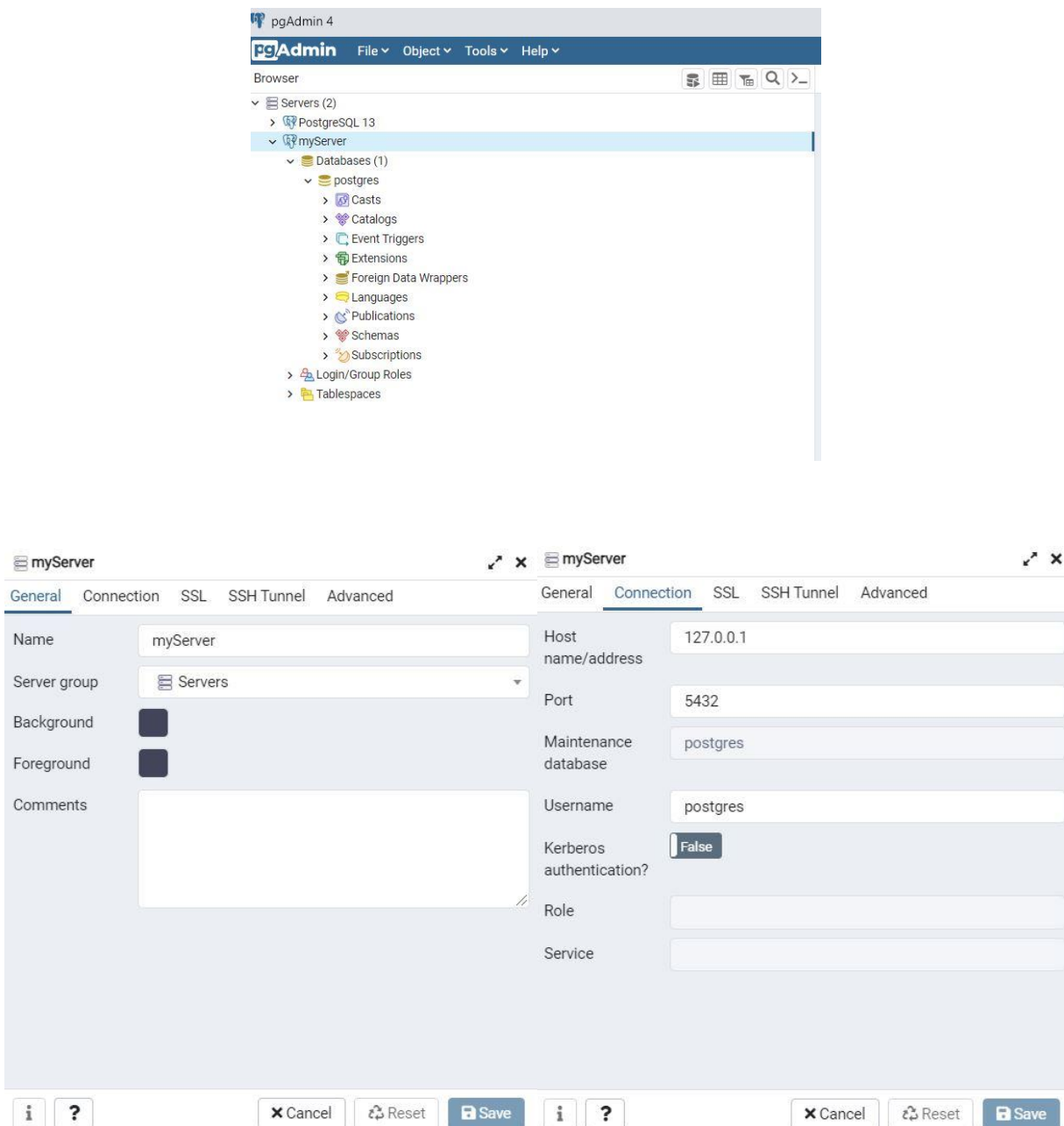


*Εικόνα 4.3. Αποτύπωση κτηρίων για την περιοχή της Χαλκίδος (πηγή: QGIS)*



## 4.2. Δημιουργία Βάσης Δεδομένων στην PostgreSQL κατά το 3DCityDataBase schema

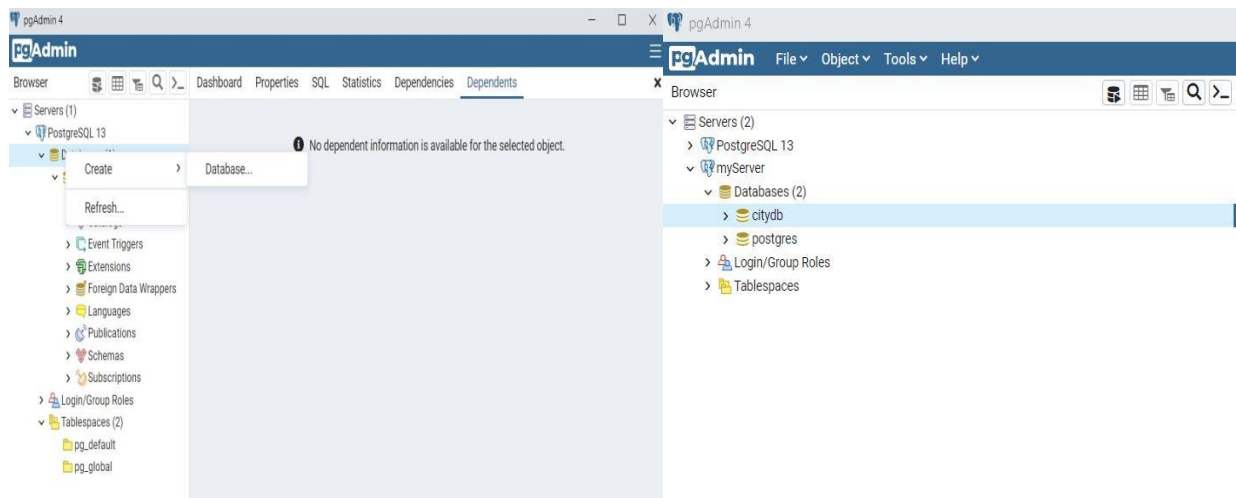
Απαραίτητη είναι η δημιουργία βάσης δεδομένων στην PostgreSQL. Για να υλοποιηθεί ωστόσο καθίσταται πρώτα η εγκατάσταση του pgAdmin4 που είναι ένα εργαλείο διαχείρισης ανοιχτού κώδικα για το Postgres. Στο pgAdmin4 δημιουργήθηκε ένας server στον οποίο εισάγεται η βάση δεδομένων. Παρακάτω παρατίθενται οι εικόνες μέσω των οποίων γίνεται εύληπτη η διαδικασία.



**Εικόνα 4.4.** Δημιουργία server στο pgAdmin4

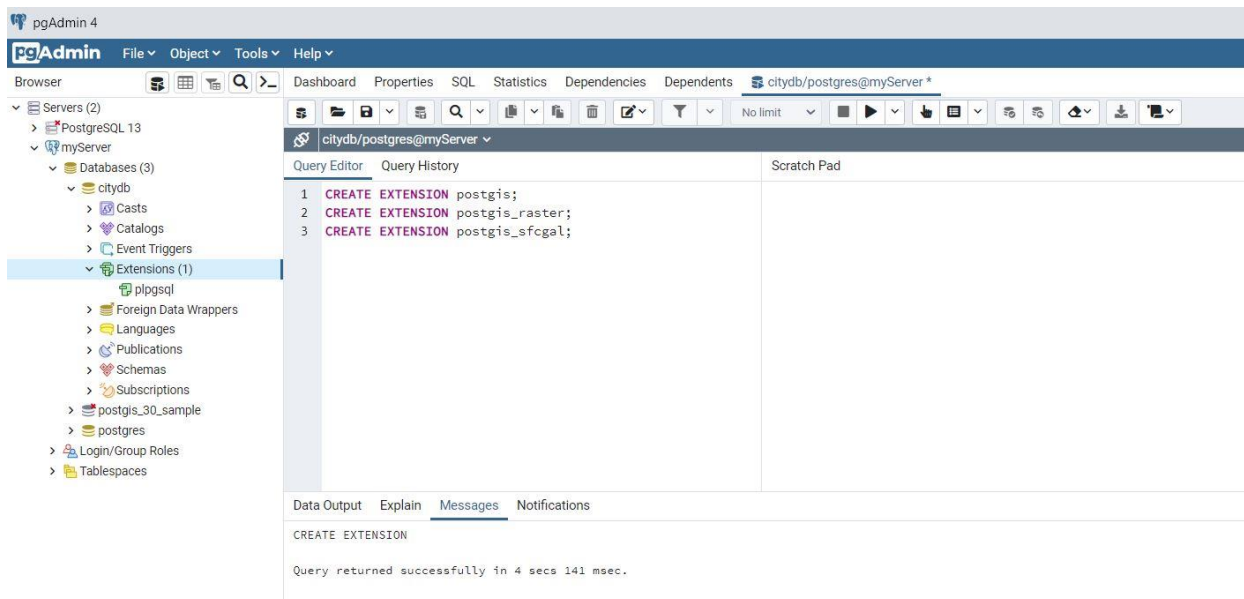
Κατά τη δημιουργία του κατάλληλου server ζητήθηκε ο ορισμός κάποιων παραμέτρων όπως φαίνεται και στα παραπάνω στιγμιότυπα. Πιο συγκεκριμένα, αφού ορίστηκε το όνομα του νέου server ως myServer, στο connection για host μπήκε το 127.0.0.1, στο port το 5432 και στο username το postgres.

Έπειτα, δημιουργήθηκε η Βάση Δεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο της 3DCityDB με όνομα “citydb”



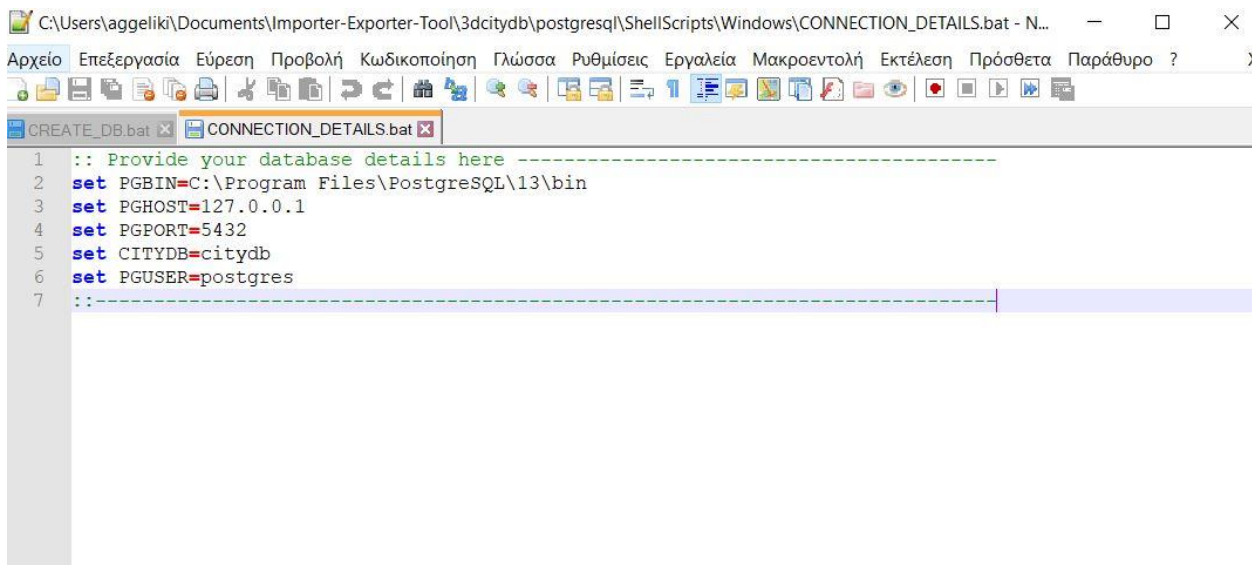
**Εικόνα 4.5.** Δημιουργία database στο pgAdmin4

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία των extension με τις παρακάτω εντολές:



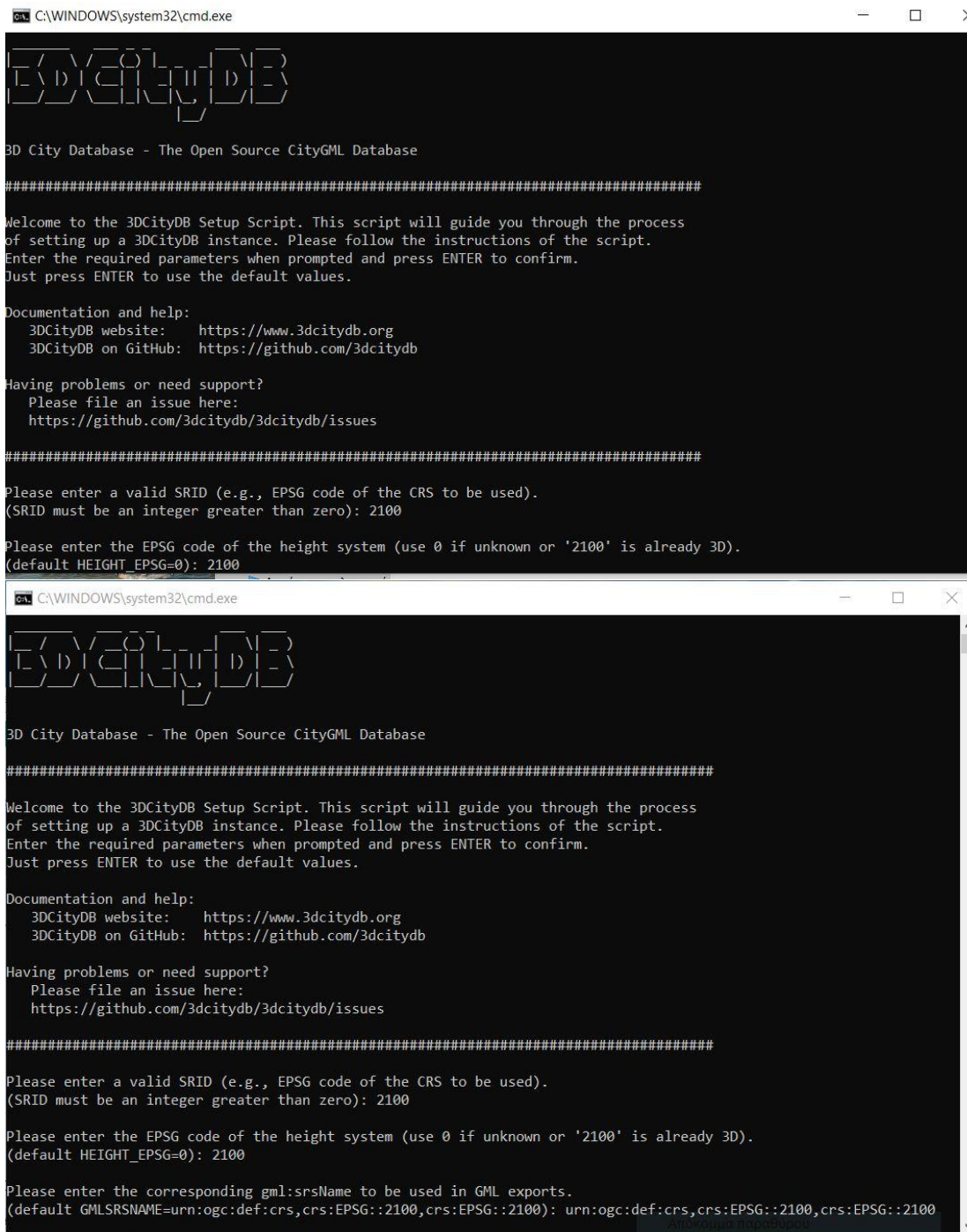
*Εικόνα 4.6. Δημιουργία extensions στο pgAdmin4*

Στη συνέχεια χρειάζεται να πραγματοποιηθεί edit στο notepad++ του αρχείου CONNECTION\_DETAILS.bat ώστε να εκτελεστεί κατόπιν το αρχείο CREATE\_DB.bat. Παρακάτω διαφαινονται οι μεταβλητές που ζητήθηκαν.



*Εικόνα 4.7. Παράμετροι στο αρχείο connection\_details*

Προκειμένου να εκτελεστεί το αρχείο CREATE\_DB.bat απαραίτητη είναι η συμπλήρωση των κατάλληλων πεδίων του κώδικα του. Κατά τη διαδικασία αυτή, ζητείται το SRID (Spatial Reference Identifier) και SRSName-ESPG code (European Petroleum Survey Group). Το SRID είναι ένα μοναδικό αναγνωριστικό που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων, ανοχή και ανάλυση.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

3D City Database - The Open Source CityGML Database

#####

Welcome to the 3DCityDB Setup Script. This script will guide you through the process
of setting up a 3DCityDB instance. Please follow the instructions of the script.
Enter the required parameters when prompted and press ENTER to confirm.
Just press ENTER to use the default values.

Documentation and help:
3DCityDB website: https://www.3dcitydb.org
3DCityDB on GitHub: https://github.com/3dcitydb

Having problems or need support?
Please file an issue here:
https://github.com/3dcitydb/3dcitydb/issues

#####

Please enter a valid SRID (e.g., EPSG code of the CRS to be used).
(SRID must be an integer greater than zero): 2100

Please enter the EPSG code of the height system (use 0 if unknown or '2100' is already 3D).
(default HEIGHT_EPSG=0): 2100

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

3D City Database - The Open Source CityGML Database

#####

Welcome to the 3DCityDB Setup Script. This script will guide you through the process
of setting up a 3DCityDB instance. Please follow the instructions of the script.
Enter the required parameters when prompted and press ENTER to confirm.
Just press ENTER to use the default values.

Documentation and help:
3DCityDB website: https://www.3dcitydb.org
3DCityDB on GitHub: https://github.com/3dcitydb

Having problems or need support?
Please file an issue here:
https://github.com/3dcitydb/3dcitydb/issues

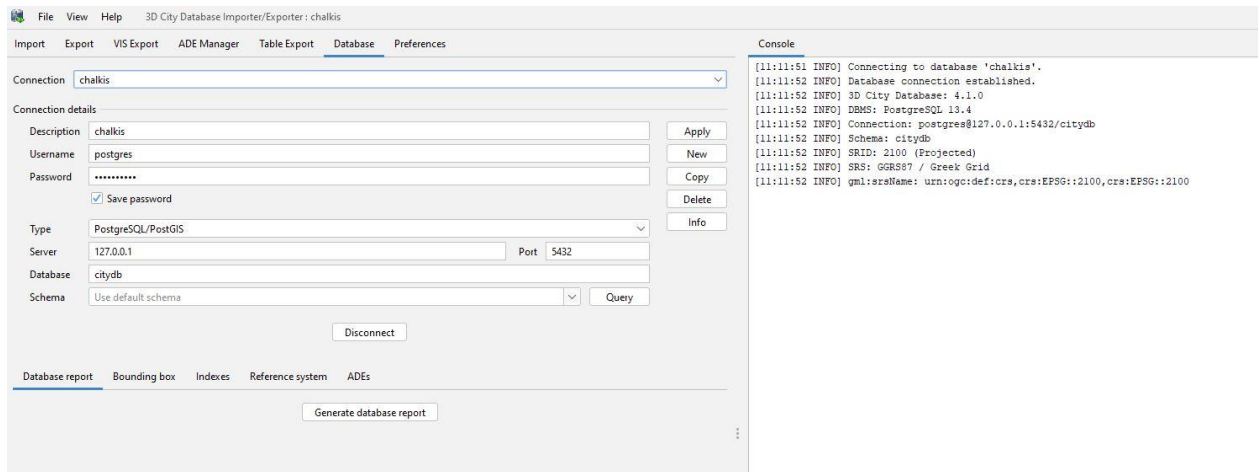
#####

Please enter a valid SRID (e.g., EPSG code of the CRS to be used).
(SRID must be an integer greater than zero): 2100

Please enter the EPSG code of the height system (use 0 if unknown or '2100' is already 3D).
(default HEIGHT_EPSG=0): 2100

Please enter the corresponding gml:srsName to be used in GML exports.
(default GMLSRNAME=urn:ogc:def:crs,crs:EPSG::2100,crs:EPSG::2100): urn:ogc:def:crs,crs:EPSG::2100,crs:EPSG::2100
```

Εικόνα 4.8. Αποτέλεσμα εκτέλεσης του αρχείου CREATE\_DB.bat



*Εικόνα 4.9. Σύνδεση της βάσης δεδομένων*



### 4.3. FME (Feature Manipulation Engine)

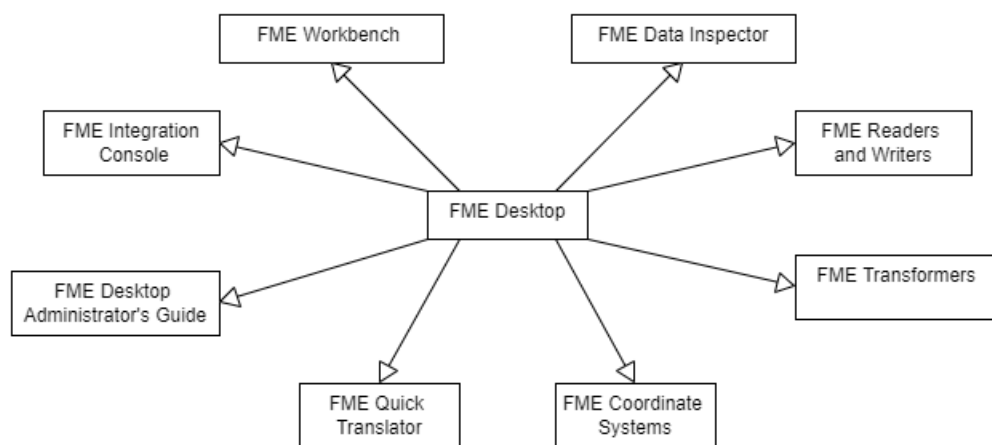


*Εικόνα 4.10. Λογότυπο FME*

Τι είναι το FME;

Το Feature Manipulation Engine δηλαδή το FME είναι μία μηχανή χειρισμού χαρακτηριστικών . Ο σκοπός για τον οποίον σχεδιάστηκε είναι η αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από παραδοσιακές μεθόδους μετάφρασης. Τέτοιες μέθοδοι διέθεταν περιορισμένο εύρος δυνατοτήτων και αυτό είχε ως απόρροια την απώλεια ενός μέρος του νοήματος κατά την διαδικασία της μετάφρασης.

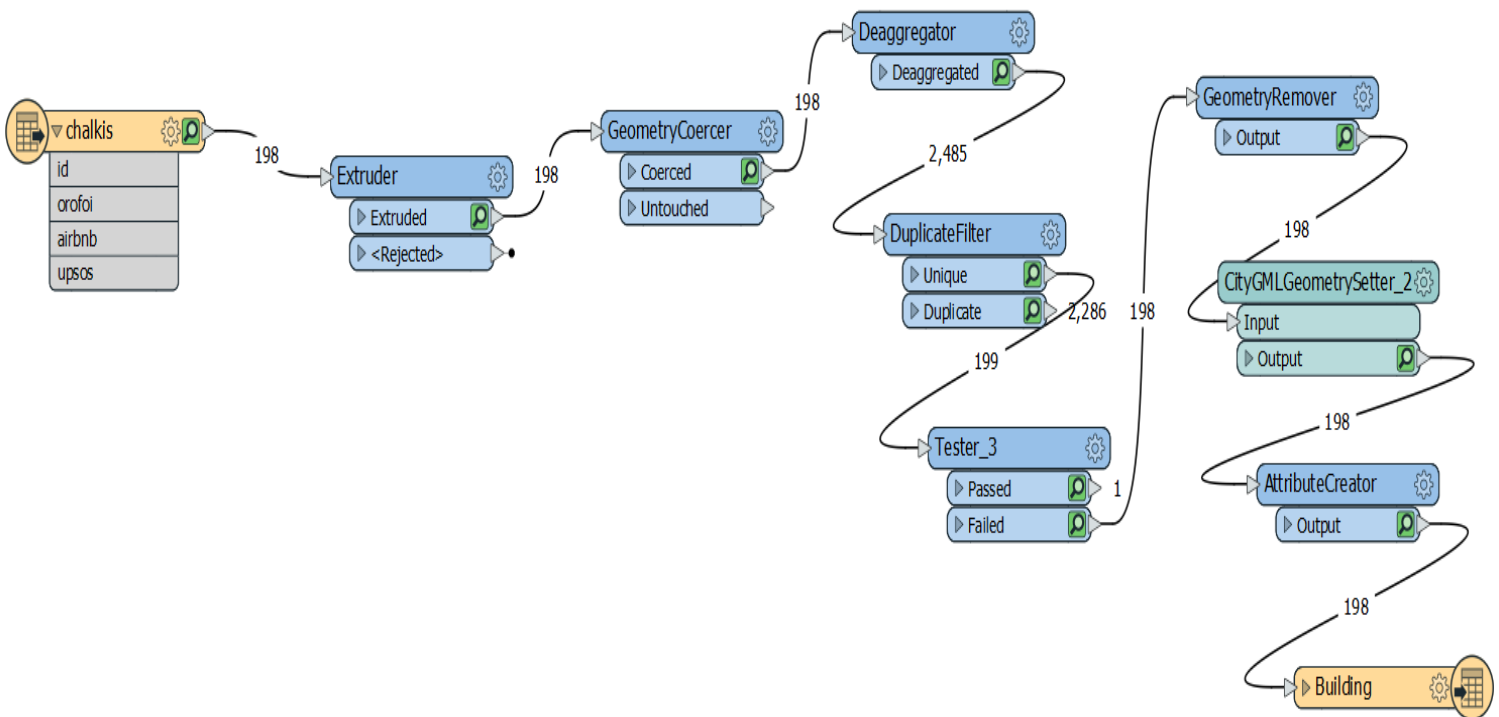
Τι περιλαμβάνει το FME Desktop;



Πιο αναλυτικά ,το FME Workbench είναι η κύρια εφαρμογή FME Desktop όπου ορίζονται οι παράμετροι με σκοπό την μετάφραση και την μετατροπή δεδομένων. Στο FME Data Inspector πραγματοποιείται η προβολή δεδομένων σε οποιαδήποτε μορφή που υποστηρίζεται από FME. Συνήθως χρησιμοποιείται για την προεπισκόπηση δεδομένων πριν από τη μετάφραση ή και για την επαλήθευση τους μετά τη μετάφραση .Για την μετάφραση δεδομένων ,λοιπόν, απαραίτητοι είναι οι FME Readers and Writers. Οι μεν Readers λένε στο FME την αρχική μορφή δεδομένων, πού εντοπίζεται το σύνολο δεδομένων και τυχόν ειδικές παραμέτρους για τον τρόπο ανάγνωσης του ενώ οι δε Writers καθορίζουν τη μορφή των δεδομένων με τα οποία θέλετε να καταλήξετε και τις παραμέτρους για τον τρόπο εγγραφής του νέου συνόλου δεδομένων. Αφού αναγνωριστούν τα δεδομένα οι FME Transformers παρεμβαίνουν στο περιεχόμενο τους, το αναδιοργανώνουν και το τροποποιούν.

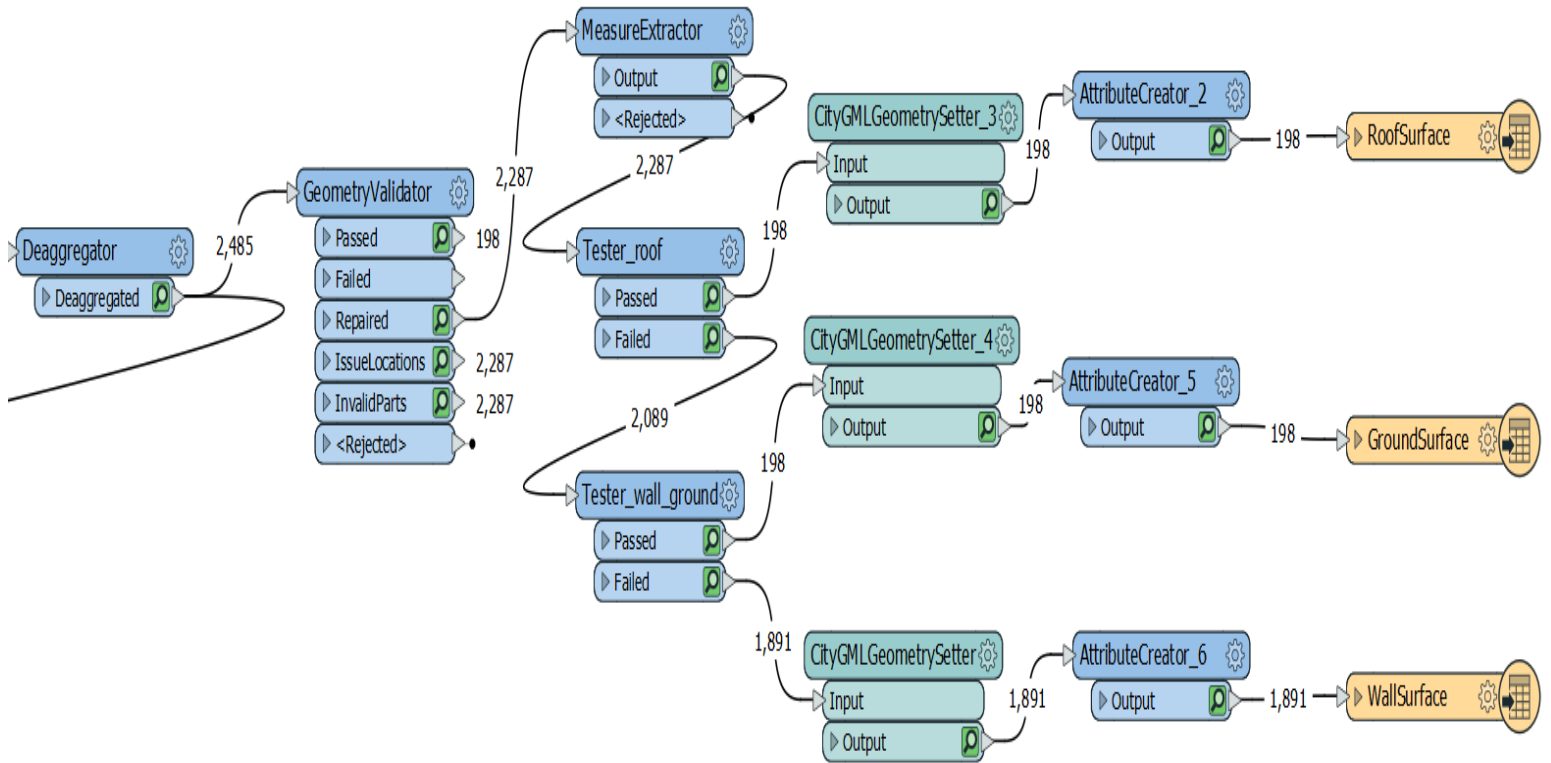
<b>Transformers</b>	
Extruder	Δημιουργεί γραμμή, επιφάνεια ή στερεό γεωμετρίες με σταθερό προφίλ διατομής λαμβάνεται από την αρχική γεωμετρία του χαρακτηριστικού. (κατηγορία 3D)
Geometry coerter	Επαναφέρει τον τύπο γεωμετρίας της δυνατότητας.(Γεωμετρίες, Κατηγορίες Point Clouds)
Deagggregator	Αποσυνθέτει ένα συγκεντρωτικό χαρακτηριστικό στα συστατικά του. (Attributes, Filters and Joins categories)
DuplicateFilter	Ανιχνεύει διπλότυπα χαρακτηριστικά με βάση την τιμή ενός ή περισσότερων βασικών χαρακτηριστικών. (Κατηγορίες Ποιότητα δεδομένων, Φίλτρα και Συνδέσεις)
GeometryValidator	Ανιχνεύει επιλεγμένα προβλήματα στις δυνατότητες εισαγωγής και προαιρετικά επιδιορθώνει θέματα. Κάθε δυνατότητα εισαγωγής υποβάλλεται σε επεξεργασία ξεχωριστά.(Κατηγορία ποιότητας δεδομένων-Data Quality category)

AttributeCreator	Προσθέτει ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά στο χαρακτηριστικό και προαιρετικά εκχωρεί μια τιμή που προκύπτει από σταθερές, τιμές χαρακτηριστικών και εκφράσεις. Οι τιμές μπορούν να αναφέρονται σε παρακείμενα χαρακτηριστικά. (Κατηγορία χαρακτηριστικών- Attributes category)
Tester	Αξιολογεί μία ή περισσότερες δοκιμές σε ένα χαρακτηριστικό και δρομολογεί το χαρακτηριστικό ανάλογα το αποτέλεσμα της(των) δοκιμασίας(ών). Οι δοκιμές μπορούν να αποτελούνται από οποιονδήποτε επιτρεπόμενο από το FME τελεστή. (Κατηγορίες Ποιότητα δεδομένων, Φίλτρα και Συνδέσεις)
MeasureExtractor	Εξάγει τα μέτρα των γεωμετριών που ταιριάζουν με τον δεδομένο τύπο και θέσεις τα χαρακτηριστικά ή τα χαρακτηριστικά λίστας. (Κατηγορία υπολογισμένων τιμών)



Εικόνα 4.11. Μετατροπή αρχείου shp σε gml μέσω FME (πηγή: FME Workbench)

Στον κλάδο αυτό αρχικά με την βοήθεια του Duplicate Filter ελέγχεται αν υπάρχει κάποιο διπλό χαρακτηριστικό, πιο συγκεκριμένα το hierarchy\_parent\_id και στη συνέχεια με τον Tester απομονώνεται το διπλό χαρακτηριστικό που εντοπίστηκε έτσι ώστε να μην αλλοιώσει το σύνολο των δεδομένων μας. Έπειτα με τον Geometry Remover αφαιρείται η γεωμετρία των χαρακτηριστικών. Ακολουθεί ο CityGMLGeometrySetter με τον οποίο επιλέχθηκε το όνομα του επιπέδου λεπτομέρειας ( Lod2MultiSurface ) και ο ρόλος των χαρακτηριστικών ( cityObjectMember ). Με τον με τον AttributeCreator ορίστηκε το gml\_id να πάρει τις τιμές του hierarchy\_parent\_id, το citygml\_measured\_height να πάρει τις τιμές του ύψους για κάθε κτήριο από το πεδίο upsos του shp, το citygml\_storeys\_above\_ground να πάρει τις τιμές των ορόφων από το πεδίο orofoi του shp και το citygml\_usage να πάρει την πληροφορία για την ενοικίαση.



**Εικόνα 4.12.** Μετατροπή αρχείου shp σε gml μέσω FME (πηγή: FME Workbench)

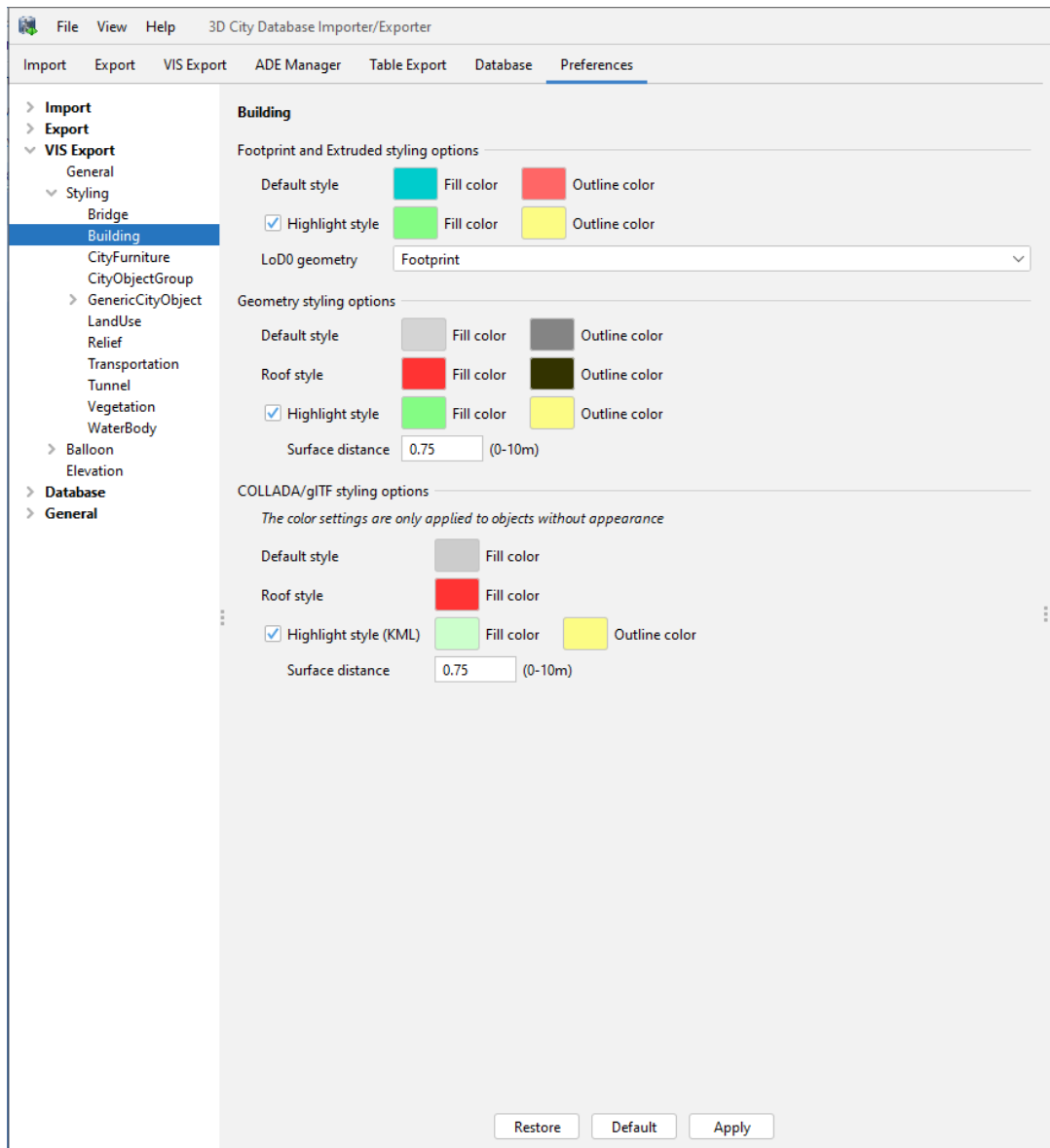
Στον κλάδο αυτό με ο Geometry Validator χρησιμοποιήθηκε για να βρεθούν σε αν υπάρχει θέμα με τις κανονικές κορυφές (Missing Vertex Normals) και αφού έγιναν οι διορθώσεις οι τιμές αυτές με τον Measure Extractor δημιουργήσαν μια νέα μεταβλητή όπου και καταχωρήθηκαν. Έπειτα με τη χρήση 2 tester και μέσω λογικών προτάσεων προέκυψαν οι τοίχοι , οι σκεπές και τα πατώματα των κτηρίων, για το καθένα από το οποία δόθηκε με το CityGMLGeometrySetter το όνομα του επιπέδου λεπτομέρειας ( Lod2MultiSurface ) και ο ρόλος των χαρακτηριστικών ( BoundedBy ). Μετά χρησιμοποιήθηκαν 3 AttributeCreator, όπου ορίστηκε και για τους τοίχους(WallSurface) και για τις σκεπές(RoofSurface) και για τα πατώματα(GroundSurface) το gml\_id να πάρει τις τιμές του hierarchy\_id και το gml\_parent\_id να πάρει τις τιμές του hierarchy\_parent\_id για τους. Τέλος τα δεδομένα γράφτηκαν στους αντίστοιχους Writers.

#### 4.4. Εξαγωγή αρχείου σε kml

Στην καρτέλα VIS Export του 3DCityDB-Importer-Exporter σε .kml πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή των αρχείων ώστε στη συνέχεια να γίνει η οπτικοποίηση στο Google Earth .

Να σημειωθεί ότι δόθηκε μεγάλη προσοχή στο Bounding box να έχει τις ίδιες συντεταγμένες με αυτές που εισήχθησαν στο αρχείο , έτσι ώστε το μοντέλο να έχει ορθή χωρική θέση . Επίσης επιλέχθηκε το επίπεδο λεπτομέρειας Lod2 που θα εξαχθεί το μοντέλο .

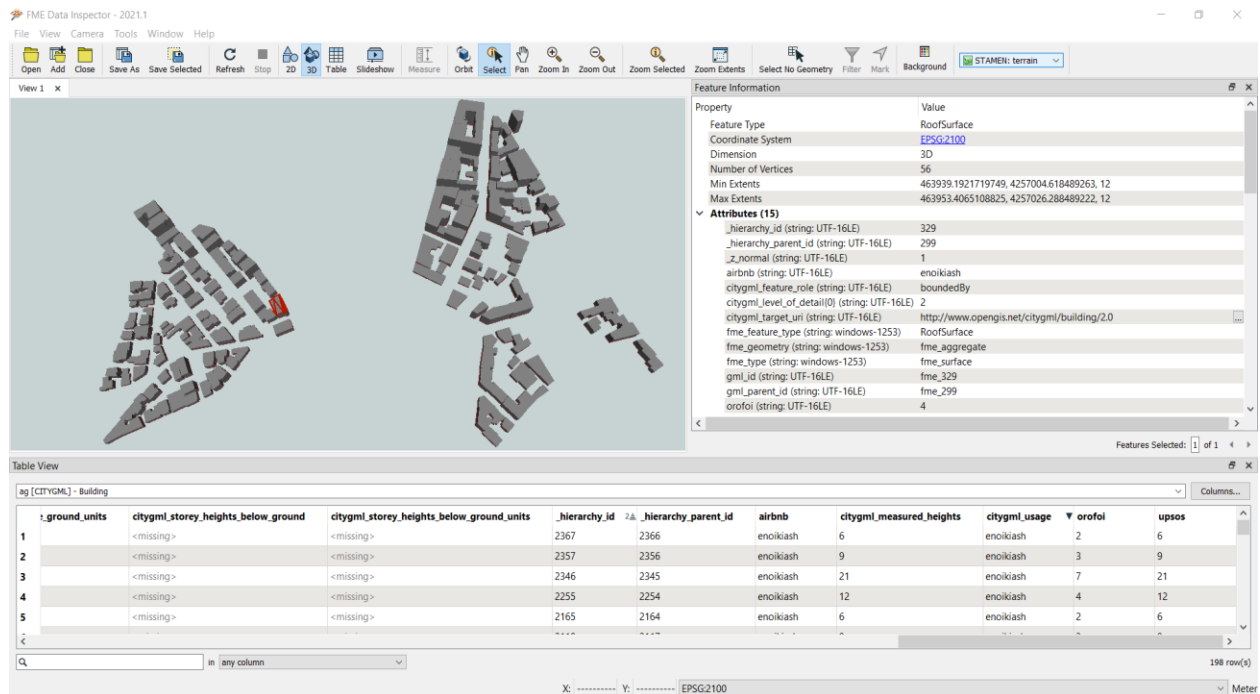
Το τελευταίο βήμα που πραγματοποιήθηκε ήταν ο καθορισμός των χρωμάτων για τα τμήματα των κτιρίων για όλα τα αρχεία ( Footprint , Extruded , Geometry και Collada / glTF ) και η χρησιμοποίηση του Balloon, ενός εργαλείου που δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης των χαρακτηριστικών για κάθε κτίριο.



*Εικόνα 4.13. Επιλογή χρωμάτων για την οπτικοποίηση του μοντέλου ( πηγή : περιβάλλον 3DCityDB-Importer-Exporter)*

## 4.5. FME Data Inspector

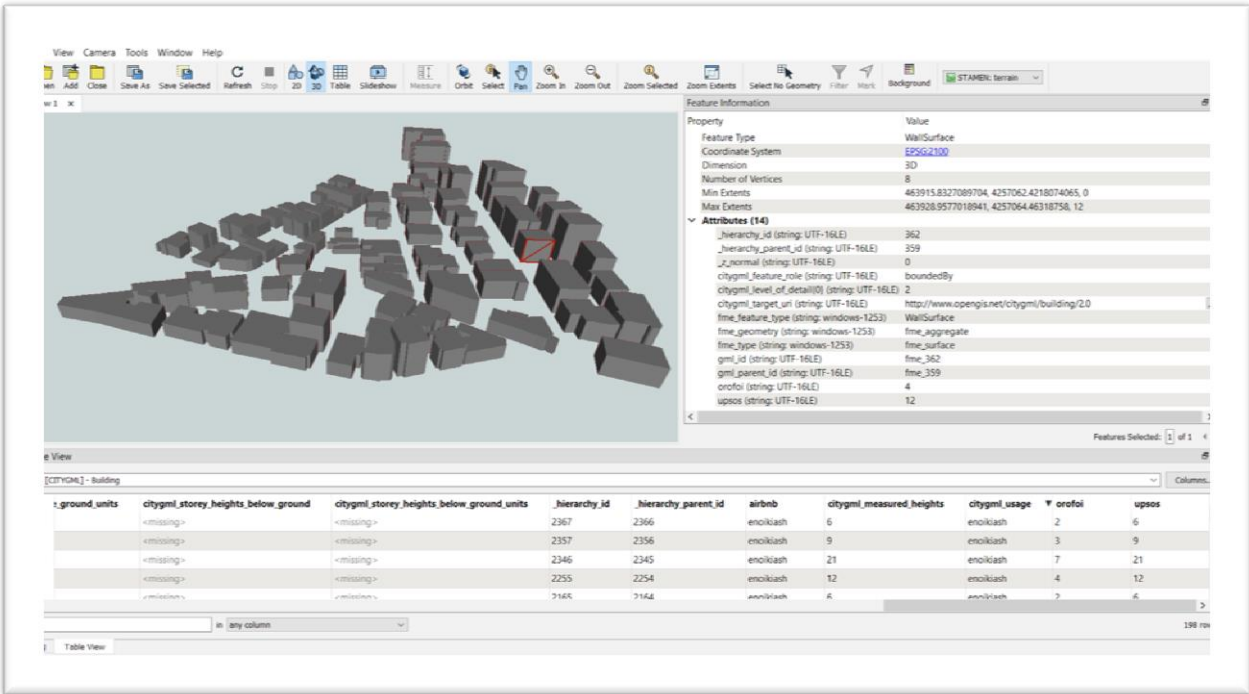
Με χρήση του εργαλείου FME Data Inspector γίνεται προβολή δεδομένων όπως διαφαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



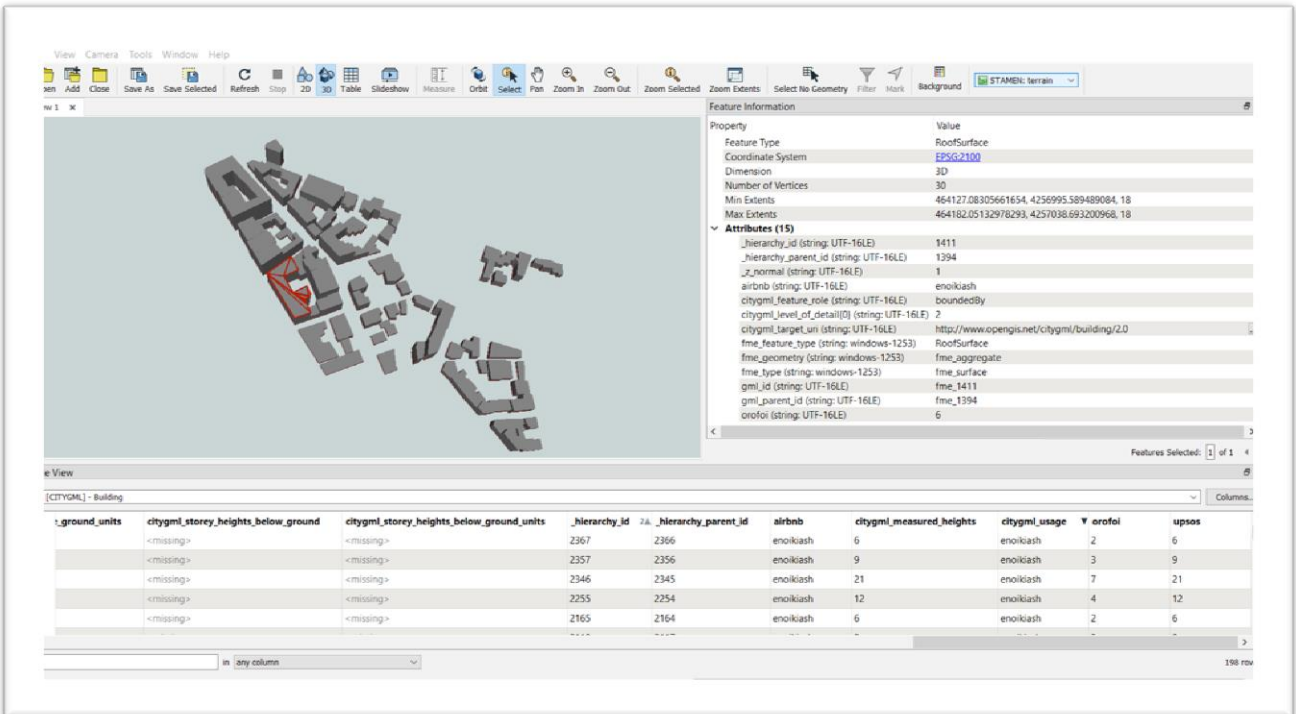
The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The top part shows a 3D view of a building model. The bottom part shows a table view of the data. The table has the following columns: `ground_units`, `citygm_storey_heights_below_ground`, `citygm_storey_heights_below_ground_units`, `hierarchy_id`, `hierarchy_parent_id`, `airbnb`, `citygm_measured_heights`, `citygm_usage`, `orofoi`, and `uppos`. The first five rows of data are shown, with some values missing.

<code>ground_units</code>	<code>citygm_storey_heights_below_ground</code>	<code>citygm_storey_heights_below_ground_units</code>	<code>hierarchy_id</code>	<code>hierarchy_parent_id</code>	<code>airbnb</code>	<code>citygm_measured_heights</code>	<code>citygm_usage</code>	<code>orofoi</code>	<code>uppos</code>
1	<missing>	<missing>	2367	2366	enokiash	6	enokiash	2	6
2	<missing>	<missing>	2357	2356	enokiash	9	enokiash	3	9
3	<missing>	<missing>	2346	2345	enokiash	21	enokiash	7	21
4	<missing>	<missing>	2255	2254	enokiash	12	enokiash	4	12
5	<missing>	<missing>	2165	2164	enokiash	6	enokiash	2	6

Εικόνα 4.14. Οπτικοποίηση μέσω FME Data Inspector

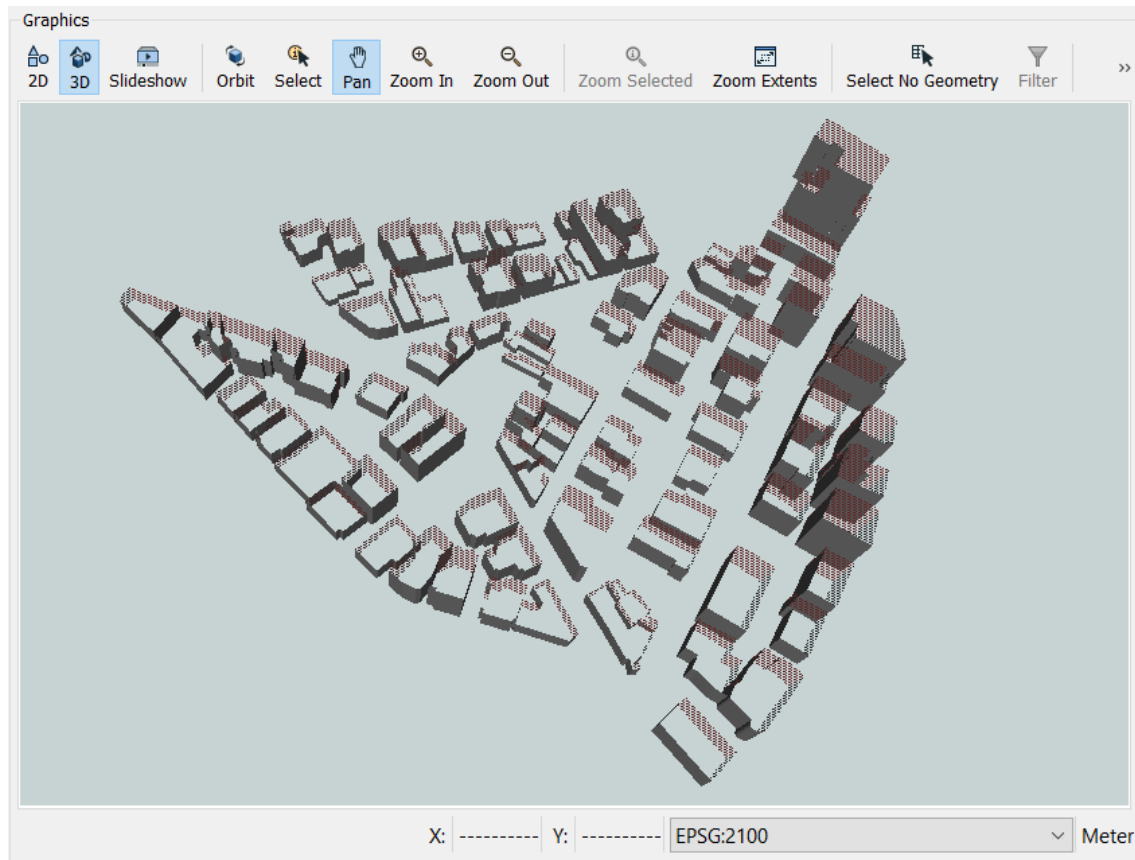


Εικόνα 4.15. Οπτικοποίηση μέσω FME Data Inspector

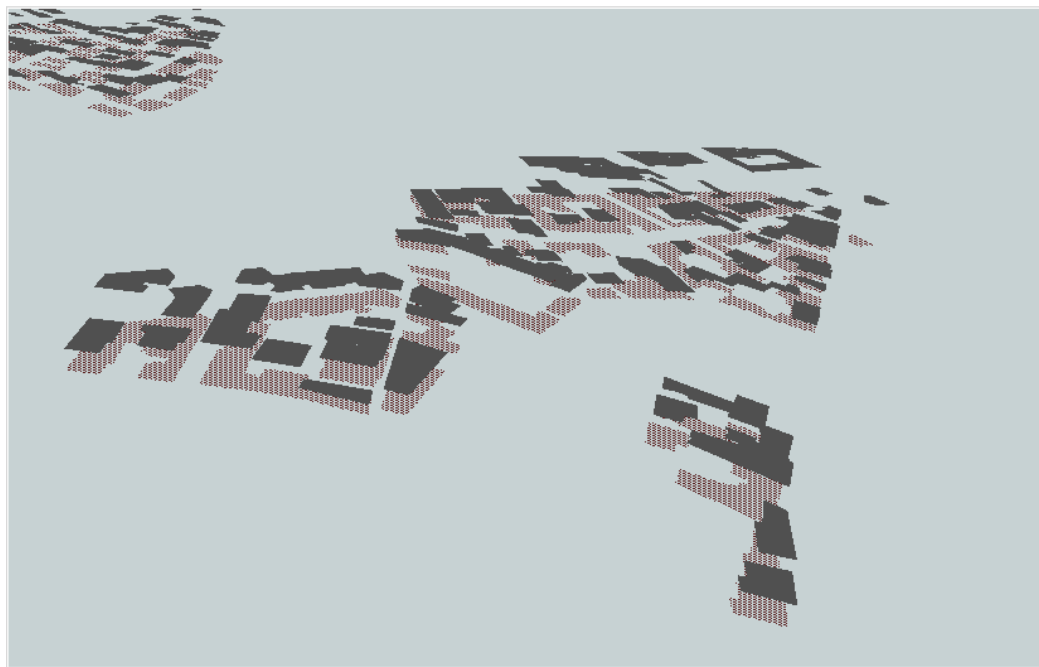


Εικόνα 4.16. Οπτικοποίηση μέσω FME Data Inspector

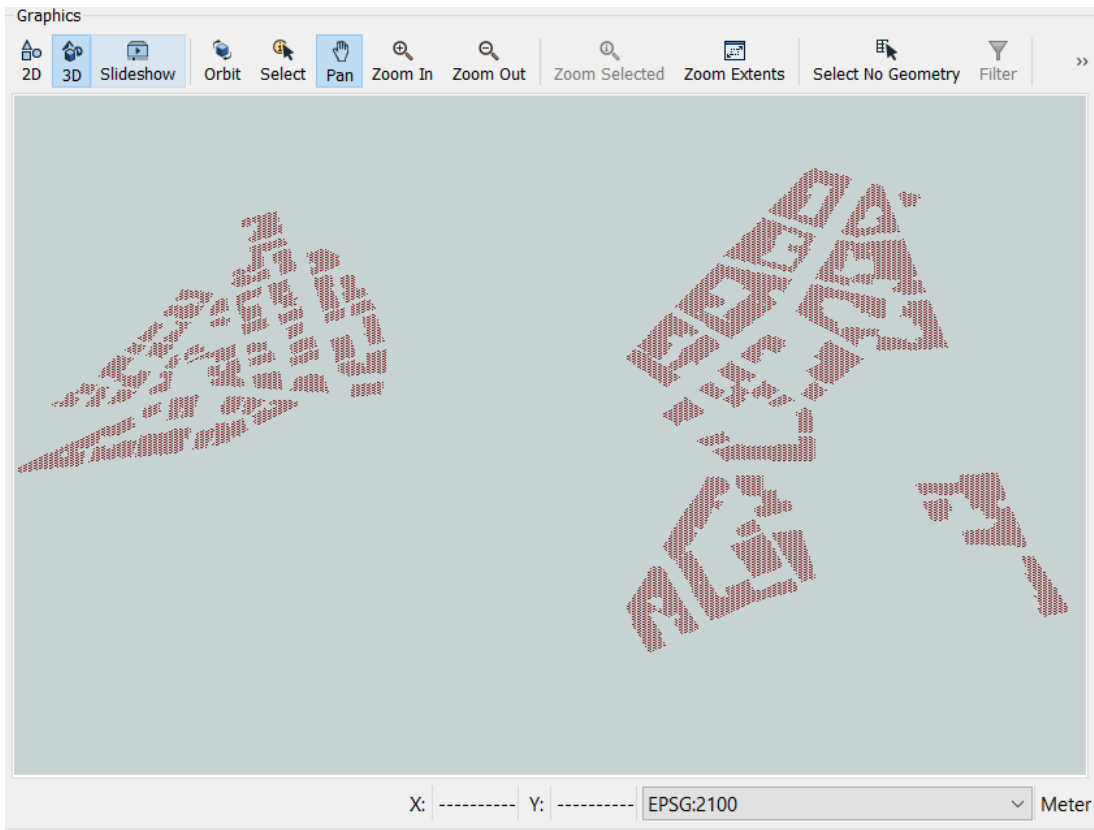




*Εικόνα 4.17. Οπτικοποίηση wall surface στο FME Data Inspector*



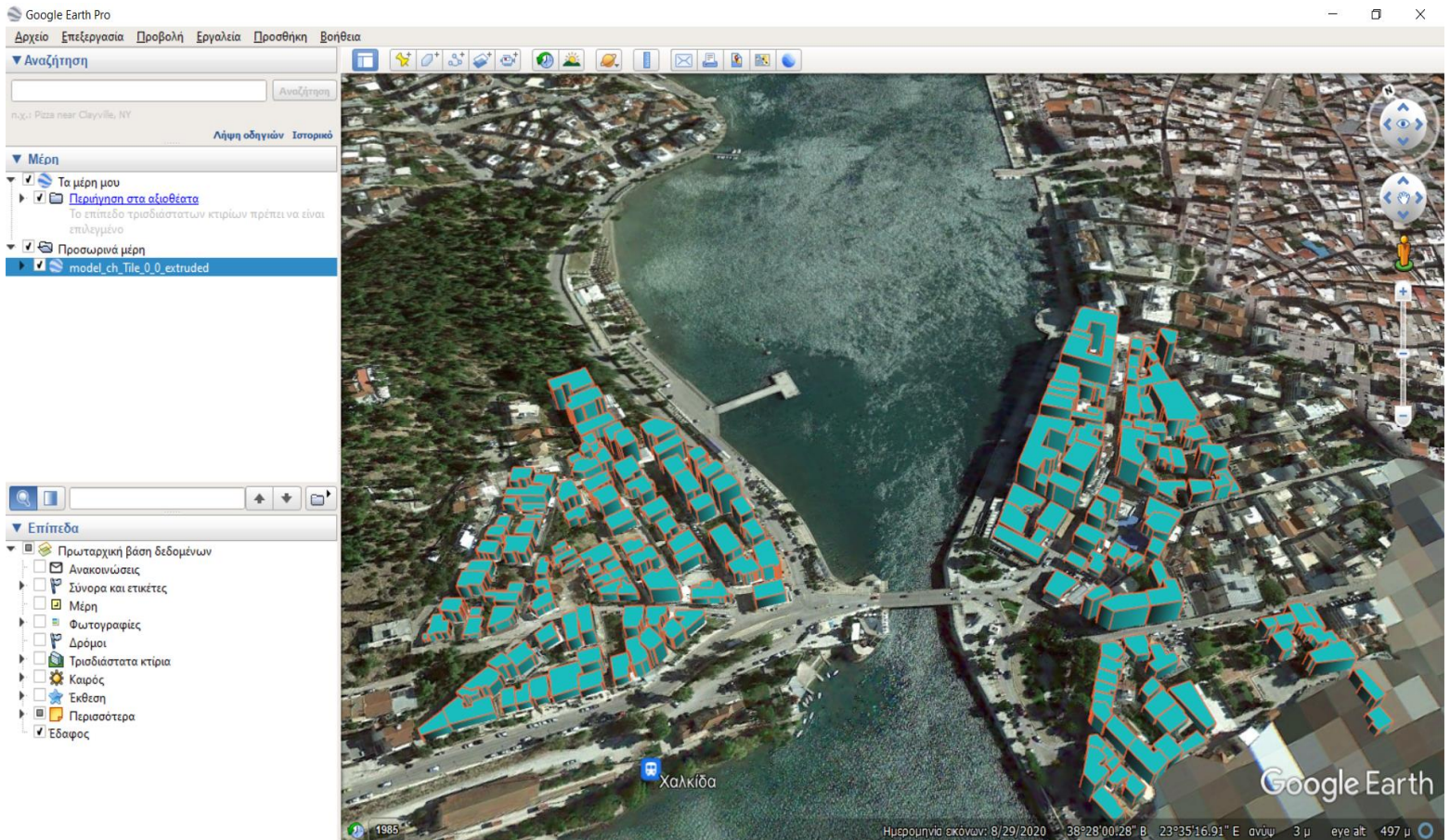
*Εικόνα 4.18. Οπτικοποίηση roof surface στο FME Data Inspector*



*Εικόνα 4.19. Οπτικοποίηση ground surface στο FME Data Inspector*

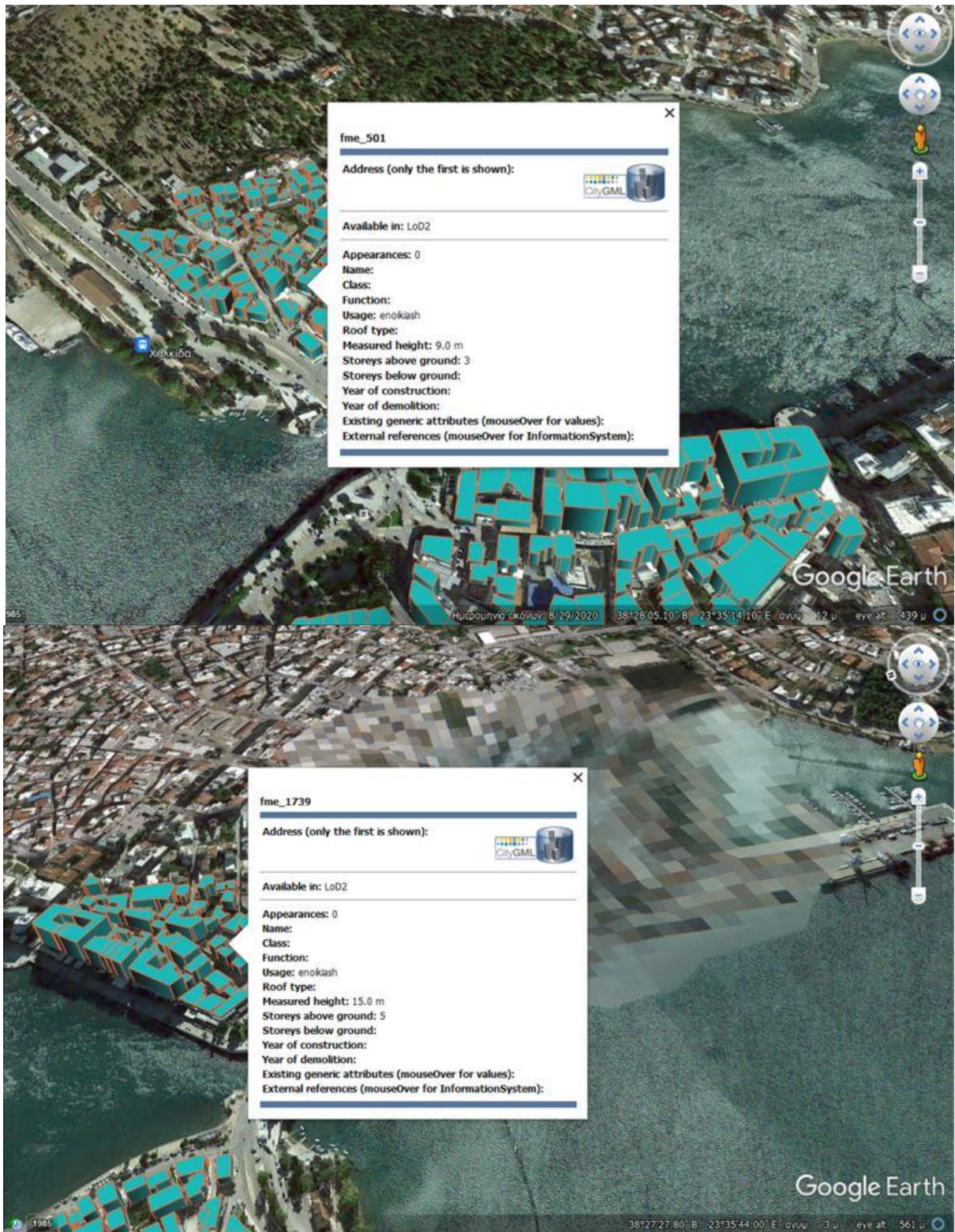
## 4.6. Οπτικοποιήσεις μέσω του Google Earth

### Οπτικοποίηση μέσω του Google Earth



Εικόνα 4.20. Οπτικοποίηση μέσω Google Earth

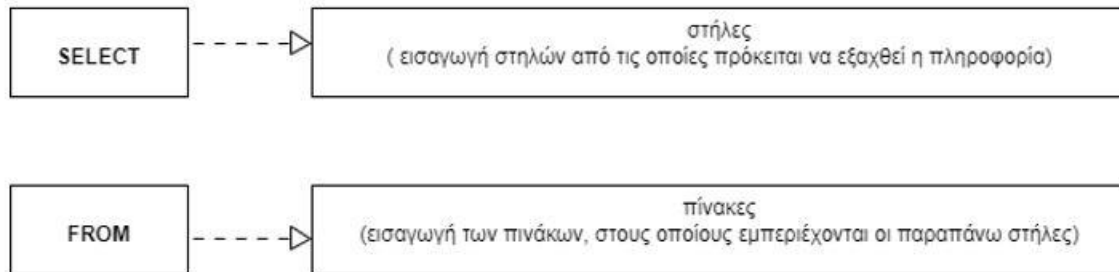




Εικόνα 4.21. Οπτικοποίηση μέσω Google Earth

## 4.7. ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ PostgreSQL

Η σύνταξη των ερωτημάτων αυτών απαιτεί απλές γνώσεις προγραμματισμού. Πιο συγκεκριμένα υλοποιείται με την εφαρμογή τυπικών τελεστών της SQL. Η δομή που ακολουθείται για τον απαραίτητο κώδικα σύνταξης των ερωτημάτων είναι η εξής:



Διάγραμμα: Εντολές για την σύνταξη των ερωτημάτων

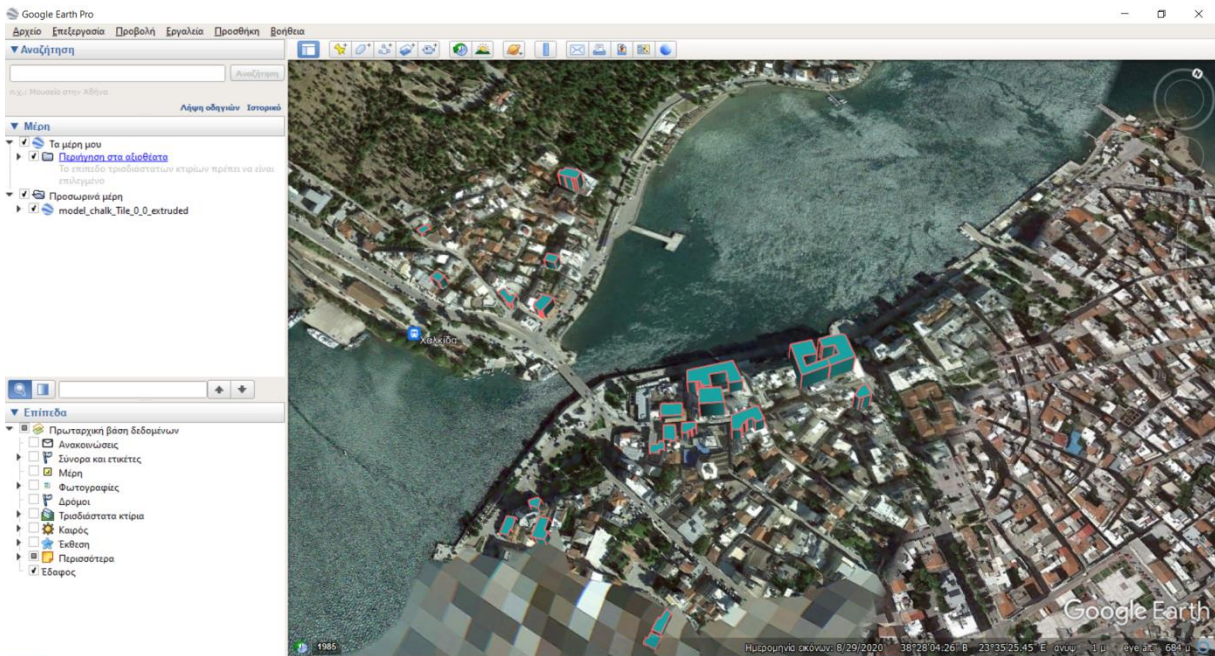
Η διαδικασία σύνταξης πραγματοποιήθηκε με τις βασικές εντολές που αναφέραμε παραπάνω, στην επιλογή Query Editor. Ουσιαστικά, στο Data output φαίνονται τα id των κτηρίων που ικανοποιούν την συνθήκη που θέσαμε για το ερώτημα.

	usage character varying (1000)	measured_height double precision	storeys_above_ground numeric (8)
1	enoikiash		12
2	enoikiash		15
3	enoikiash		9
4	enoikiash		9
5	enoikiash		3
6	enoikiash		9
7	enoikiash		12
8	enoikiash		24
9	enoikiash		6
10	enoikiash		15
11	[null]		6
12	[null]		12
13	[null]		12

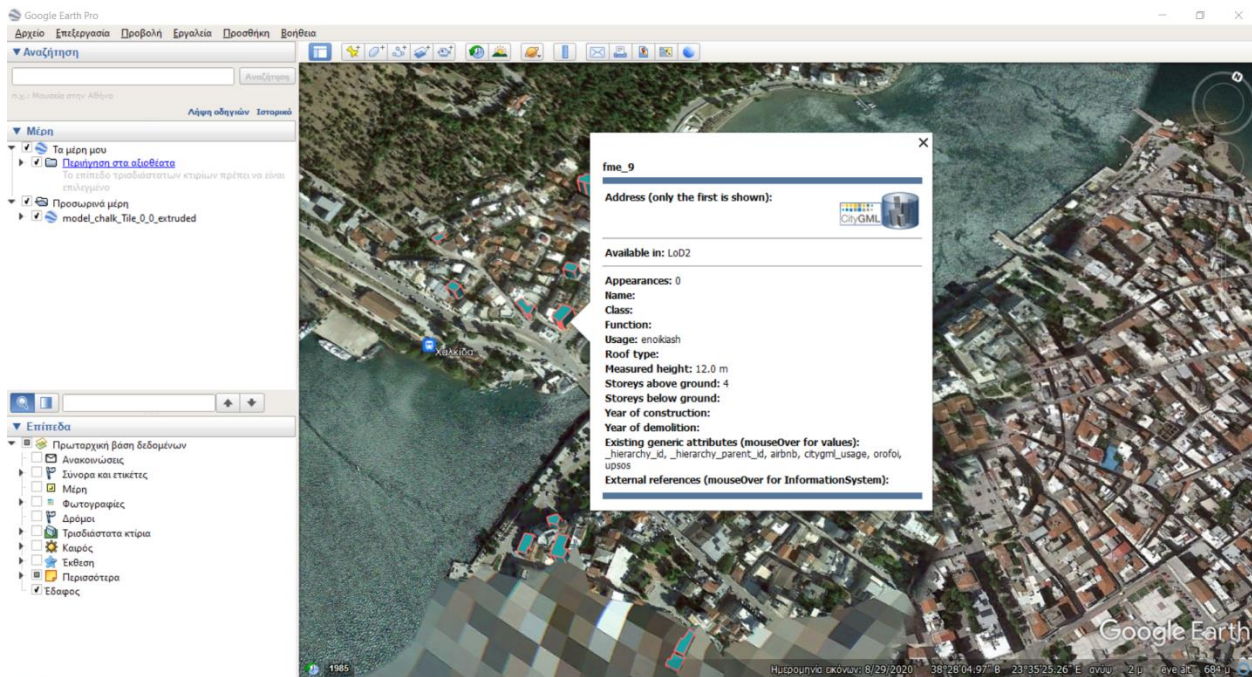
Εικόνα 4.22. Κτήρια με κύρια χρήση τη βραχυχρόνια μίσθωση (πηγή: PostgreSQL)



## Οπτικοποίηση των κτιρίων με κύρια χρήση τη βραχυχρόνια μίσθωση μέσω του Google Earth

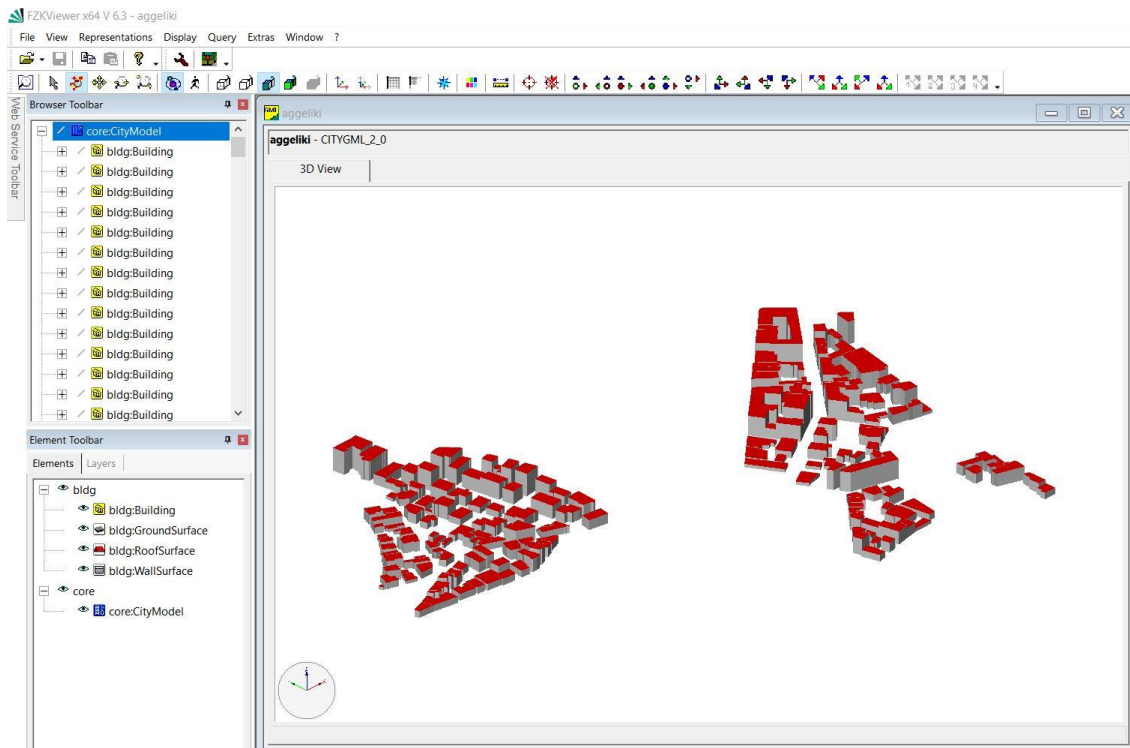


*Εικόνα 4.23. Οπτικοποίηση των κτιρίων με κύρια χρήση τη βραχυχρόνια μίσθωση (πηγή: Google Earth)*

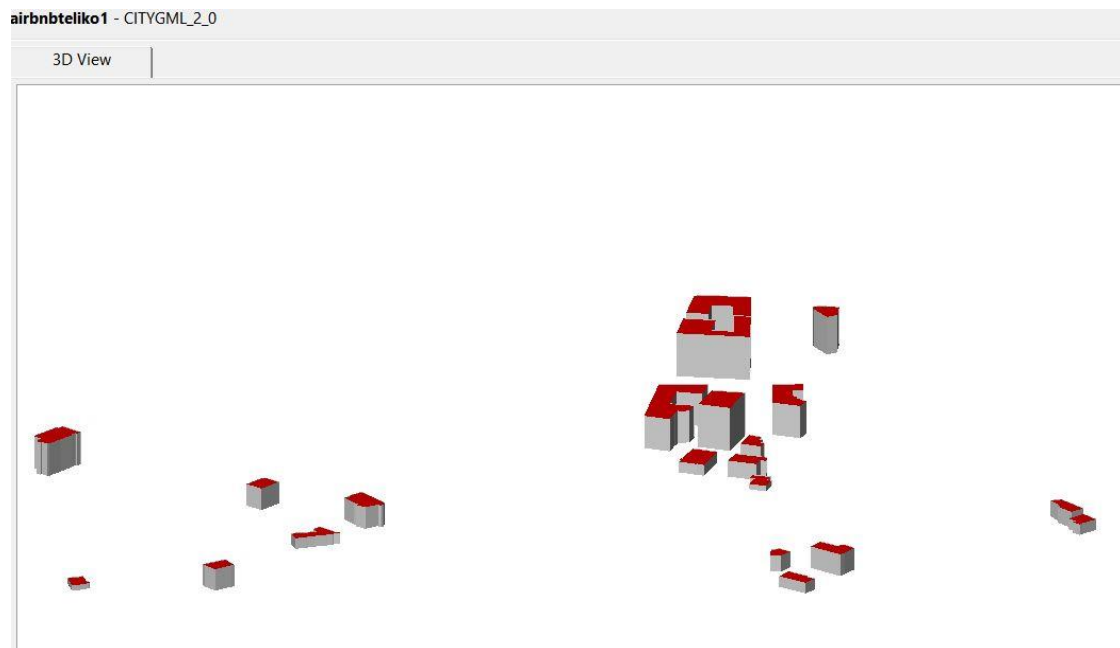


*Εικόνα 4.24. Εμφάνιση χαρακτηριστικού (ballon) βραχυχρόνιας μίσθωσης (πηγή: Google Earth)*

## 4.8. Οπτικοποίηση μέσω του FZK Viewer



Εικόνα 4.25. Οπτικοποίηση αποτελέσματος (πηγή: FZK Viewer)



Εικόνα 4.26. Οπτικοποίηση κτιρίων με κύρια χρήση τη βραχυχρόνια μίσθωση (πηγή: FZK Viewer)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Το πρότυπο CityGML είναι εξαιρετικά επεκτάσιμο και τα σύνολα δεδομένων μπορούν να περιλαμβάνουν διαφορετικές αστικές οντότητες που υποστηρίζουν τη γενική τάση για μοντελοποίηση όχι μόνο μεμονωμένων κτιρίων αλλά και ολόκληρων τοποθεσιών, περιοχών, πόλεων, περιοχών και χωρών. Έτσι πραγματοποιείται αναπαράσταση σε γεωμετρικό, σημασιολογικό και τοπολογικό επίπεδο. Η παραπάνω διαδικασία μοντελοποίησης ενώ έχει το πλεονέκτημα ότι συνδυάζει και ενώνει πολλαπλά λογισμικά μεταξύ τους, έχει και το μειονέκτημα να είναι σχετικά περίπλοκη διαδικασία. Απαιτεί χρόνο η εξοικείωση με τα λογισμικά γεγονός όμως που ελαχιστοποιεί τα λάθη κατά τη διαδικασία..
- Στην παρούσα διπλωματική τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίησή της δεν είχαν κόστος. Όλα τα λογισμικά και οι βάσεις δεδομένων διατίθενται δωρεάν στο ευρύ κοινό.
- Η διαδικασία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Ένας εξ αυτών είναι η αντικατάσταση του προγράμματος QGIS με το ArcGIS, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα χαρτογράφησης και ανάλυσης. Μέσω του Map Viewer, του Map Viewer Classic και του 3D Scene Viewer αποκτάται πρόσβαση σε μια συλλογή βασικών χαρτών για εξερεύνηση και οπτικοποίηση των δεδομένων σας. Υπάρχει, επίσης, πρόσβαση σε πρότυπα και γραφικά στοιχεία για τη δημιουργία διαδικτυακών εφαρμογών που μπορούν να δημοσιευτούν στο ArcGIS Online. Το ArcGIS Online περιλαμβάνει διαδραστικούς χάρτες και τρισδιάστατες σκηνές που επιτρέπουν την διερεύνηση, την κατανόηση και την μέτρηση γεωγραφικών δεδομένων. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τα ArcGIS Notebooks, η Python μπορεί να αυτοματοποιήσει ροές εργασίας .
- Το Feature Manipulation Engine δηλαδή το FME είναι μία μηχανή χειρισμού χαρακτηριστικών, ένα αρκετά ευέλικτο λογισμικό, το οποίο υποστηρίζει πλήρως το πρότυπο του CityGML. Κάθε οντότητα διατηρεί σε μεγάλο βαθμό της πληροφορίες της κατά τη διάρκεια της μετατροπής. Ωστόσο, επειδή το εύρος των transformers είναι μεγάλο αν ο χρήστης δεν έχει κατανοήσει σε βάθος το πρότυπο του CityGML τότε θα δυσκολευτεί να επιλέξει τους κατάλληλους. Σε περίπτωση δυσκολίας με το FME υπάρχουν λύσεις όπως στο Sketch up όπου υπάρχει Plugin που λέγεται CityEditor αλλά είναι με πληρωμή ή και το 3DCIM (3D City Information Model). Με το τελευταίο πραγματοποιείται δημιουργία fileGDB ακολουθώντας το 3DCIM schema, το οποίο στη συνέχεια διαθέτει εργαλεία μετατροπής σε CityGML.



- Μελετητικό ενδιαφέρον έχει ο τρόπος του CityGML να ορίζει τους ορόφους. Ενώ υπάρχει δυνατότητα τμήσης των κτιρίων σε ορόφους δεν είναι σαφής και ξεκάθαρος ο τρόπος.
  
- Όσον αφορά το αντικείμενο της βραχυχρόνιας μίσθωσης αποτελεί μια οικονομική δραστηριότητα που γνωρίζει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο. Κίνητρο της παρούσας διπλωματικής αποτέλεσαι η αυξανόμενη ζήτησή της. Απόρροια της ενασχόλησης με τον συγκεκριμένο τομέα είναι η συγκέντρωση των καταλυμάτων κυρίως στο παραλιακό κομμάτι της Χαλκίδας και η τάση για προσαύξησή τους. Ωστόσο, το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό δεν είναι σταθερό και ίδιο καθώς αλλάζουν συνεχώς τα ακίνητα που ασχολούνται με τη βραχυχρόνια μίσθωση. Απαραίτητη είναι η τακτική παρακολούθησή τους και η ανανέωση των πληροφοριών για την περιοχή μελέτης.

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΝΑΣΧΟΛΗΣΗ

Η συγκεκριμένη εφαρμογή θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο όχι μόνο για έναν ενδιαφερόμενο πολίτη αλλά και για μία ενδιαφερόμενη επιχείρηση. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι στην σύγχρονη εποχή, προκειμένου μία επιχείρηση να εξασφαλίσει την βιωσιμότητά της, θα πρέπει να είναι ανταγωνιστική. Για να γίνει αυτό, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η υιοθέτηση ενός πληροφοριακού συστήματος. Η εν λόγω εφαρμογή αποτελεί από μόνη της ένα πληροφοριακό σύστημα καθώς είναι σε θέση να συλλέγει και να επεξεργάζεται δεδομένα αποσκοπώντας στην επιλογή της βέλτιστης απόφασης. Επομένως, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ικανό και αναγκαίο σύστημα (το οποίο θα προσαρμόζεται συνεχώς σύμφωνα με τα δεδομένα της εκάστοτε εποχής) για μία ανάλογη στον χώρο εταιρεία. Πέραν αυτού όμως, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως πληροφοριακό σύστημα και από κρατικούς φορείς προκειμένου να τους βοηθήσει στην βελτιωμένη λήψη αποφάσεων, όπως για παράδειγμα στην βέλτιστη/καλύτερη κατανομή των πόρων ανάπτυξης του τουρισμού.

Το στοιχείο του CityGml που το διαφοροποιεί από άλλα προγράμματα τρισδιάστατης απεικόνισης είναι η σημασιολογική του πληροφορία. Με βάση αυτό, έχει ενδιαφέρον η δημιουργία κτιριακού μοντέλου που εκτός της βραχυχρόνιας μίσθωσης να περιέχει και άλλες πληροφορίες.

Μια άλλη προσέγγιση είναι ο εμπλουτισμός με δεδομένα όπως οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, γνωρίζοντας το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον τομέα της ενέργειας, Τα κτίρια στον ελληνικό τομέα έχουν έντονο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα γεγονός που αυξάνει την ανάγκη για βελτίωση της διαχείρισης των κτιριακών καταναλώσεων. Η παράμετρος της ενέργειας ήδη απασχολεί και θα συνεχίσει να απασχολεί έντονα και αυτός είναι ο λόγος που μεγαλώνει την επιθυμία για μοντέλα πόλης με ενεργειακές παραμέτρους έχοντας όραμα τη δημιουργία έξυπνων πόλεων. Εναλλακτικό ζήτημα μελέτης είναι η προσθήκη της πληροφορίας των αντικειμενικών αξιών των ακινήτων. Οι αξίες αυτές εξαρτώνται άμεσα από στοιχεία όπως η τιμή ζώνης, η επιφάνεια του ακινήτου, η παλαιότητα του, η εμπορικότητα, τα δημογραφικά οικονομικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Μελλοντική ενασχόληση θα μπορούσε να αποτελέσει και η εμβάθυνση σε μεγαλύτερο επίπεδο λεπτομέρειας του συγκεκριμένου μοντέλου πόλης καθώς όσο αυξάνεται το επίπεδο πληροφορίας τόσο αυξάνεται και η ποσότητα των σημασιολογικών εννοιών στο μοντέλο.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο κτιριακό μοντέλο της Χαλκίδας έχει η προσθήκη περισσότερων πληροφοριών για τα ακίνητα. Για παράδειγμα , το εύρος των τιμών ενοικίασης, η απόσταση των καταλυμάτων από τη θάλασσα ή το κέντρο της περιοχής, η θέα στη θάλασσα , το έτος κατασκευής, η απόσταση από τα μέσα μαζικής μεταφοράς είναι παράγοντες που χρήζουν εμβάθυνση .

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

Biljecki F, Ledoux H, Stoter J, Vosselman G. (2016). The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, The Netherlands

CityGML Homepage. (2016). Ανάκτηση από [www.citygml.org](http://www.citygml.org):  
<https://www.citygml.org/ongoingdev/tudelft-lods/>

Fabio Remondino, Sabry El-Hakim. (2006). Image-based 3D Modelling: A Review

Gröger G, Kolbe T, Nagel C, Häfele K. (2012). OGC City Geography Markup Language (CityGML) En-coding Standard, OpenGIS® Encoding Standard. Copyright © 2012 Open Geospatial Consortium.

Gröger, G., Kutzner, T., Kolbe, T., (2013). «A CityGML-based encoding for the INSPIRE Data Specification on Buildings», Italy

Kolbe, T., Gröger, G., Plümer, L., (2005). «CityGML- Interoperable Access to 3D City Models», Germany

Kolbe, T. H., (2007). CityGML Tutorial, 1st Joint Workshop on the Sino-Germany Bundle Project, Interoperation of 3D Urban Geoinformation, Institute for Geodesy and Geoinformation Science - Technische Universität Berlin, Urumqi, China.

Kolbe, T. H., (2009). Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, Institute for Geodesy and Geoinformation Science - Technische Universität Berlin, Berlin, Germany.

Kolbe, T., Nagel, C., Herreruella, J., König, G., (2013). «3D City Database for CityGML», Institute for Geodesy and Geoinformation Science Technische Universität Berlin

Lee, J. & Zlatanova, S., (2008). «A 3D data model and topological analyses for emergency response in urban areas». London, (pp. 143– 168)

Muller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A., Gool, L.V., (2006). «Procedural Modeling of Buildings»

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A Multiple Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. Journal of Retailing, 64(1)

S. P. Singh, K. Jain, and V. R. Mandla. (2013). Virtual 3d City Modeling: Techniques and Applications, India

Smith, N. και Xia, S. (1996) Automated modelling: a discussion and review. Reviewed in: The Knowledge Engineering Review. Κεφ11 (No2) σ:137:160

Wonka, P., Wimmer, M., Sillion, F., & Ribarsky, W. (2003). Instant architecture. ACM Transactions on Graphics, 22(3), pp. 669-677.

Zlatanova, S., Billen, R., (2003). «3D spatial relationships model : a useful concept for 3D cadastre?», The Netherlands

Zlatanova, S., Emgard, K. L., (2007). «Design of an integrated 3D information model», London

Zlatanova, S., Kibria, M. S., Itard, L., van Dorst, M., (2009). «GeoVEs as tools to communicate in Urban Projects: requirements for functionality and visualization», (pp. 379- 395)

## Ελληνική

Βασιλλέλη Χριστίνα – Ιωάννα. (2017). 3D GIS: Κανονιστική Μοντελοποίηση του κέντρου της Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη

Δημοπούλου Ε. (2015). nD ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΑΝΑΠΤΥΞΗ-ΠΡΟΤΥΠΑ-ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ. Αθήνα: Kallipos.

ΠΕΤΡΑΚΗ ΝΙΚΗ (2018). Η ΑΝΘΙΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ AIRBNB ΣΤΟΝ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟ ΚΛΑΔΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΧΑΝΙΩΝ. Αθήνα.

Σαλή Παναγιώτης (2015). Τουριστική ανάπτυξη του Νομού Εύβοιας. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

ΣΑΡΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (2018). Οικονομία Διαμοιρασμού (Sharing Economy).

Τρανάκα, Π. (2014) 3D ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΑΛΙΑΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών

Τσαγγούρη Κ, Μαντά Δ. (2017). Ενσωμάτωση Ενεργειακών Δεδομένων σε CityGML Μοντέλο Πόλης. Αθήνα: 5ο Πανελλήνιο Συνεδριο.

Τσιλιάκου Εύα (2013). Κανονιστική μοντελοποίηση στο 3D Κτηματολόγιο – Εφαρμογή στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Διπλωματική Εργασία: Αθήνα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΦΛΩΡΟΣ ΣΠ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ (2015). ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ CITYGML. Αθήνα.

Χαλκιάς, Χ. (2011). Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Συμπληρωματικές Σημειώσεις). Καλλιθέα. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Γεωγραφίας.

Χναράκης, Ν. (2009). Περιγραφή πολυ-μεθοδολογικής προσέγγισης για τη σχεδίασης εικονικών περιβαλλόντων, δίνοντας έμφαση στη διαδικασία σχεδίασης του εικονικού κόσμου. Σύρος: Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων.

## Ιστοσελίδες

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1\\_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD\\_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1_%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%BD)

<https://el.wikipedia.org/wiki/Trivago>

[https://www.pomida.gr/touristikis\\_misthoseis.php](https://www.pomida.gr/touristikis_misthoseis.php)

<https://www.alexialysis.gr/el/tourismos>

<https://www.pgadmin.org/download/>

<https://www.postgresql.org/download/>

<https://www.java.com/en/download/>

<https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/downloads/>

<https://www.safe.com/fme/trial/>

<https://www.safe.com/fme/>