

Προγράμματα BIM και
Ενεργειακή Ανάλυση:
διερεύνηση
διαλειτουργικότητας

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Διπλωματική Εργασία

Προγράμματα BIM και Ενεργειακή Ανάλυση: Διερεύνηση Διαλειτουργικότητας

Σπουδάστρια: Αδάμου Δήμητρα

Επιβλέπων Καθηγητής: Ιωάννης Βενέρης

Σύμβουλοι: Γκατσόπουλος Παναγιώτης

Μαλισιώβας Ανδρέας

Οκτώβρης 2015

Την πρώτη δεκαετία του 20ου αι. παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση στη ζήτηση βιώσιμων κτηρίων, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας καθώς και των αυξανόμενων περιβαλλοντικών ανησυχιών. Η έννοια του BIM (Building Information Modeling) και κατ' επέκταση η εφαρμογή των πρακτικών του, υιοθετήθηκε πρόσφατα από έναν μεγάλο αριθμό Αρχιτεκτόνων και άλλων Μηχανικών, λόγω της αυξημένης παραγωγικότητας και του γενικότερου μακροπρόθεσμου όφελους που τους παρείχε.

Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των κτηρίων απαιτούν ένα υψηλό επίπεδο συνεργασίας και συντονισμού μεταξύ των κλάδων της βιομηχανίας AEC. Μέσω της αποδοτικής ανταλλαγής δεδομένων είναι δυνατή η επίτευξη βέλτιστων σχεδιαστικών και κατασκευαστικών αποτελεσμάτων. Ωστόσο, δεδομένων των σημερινών διαδικασιών και πρακτικών, αυτή η προοπτική φαίνεται να μην έχει πλήρως ενοηθεί. Παραδοσιακά, η δημιουργία ενεργειακών μοντέλων γίνεται ξεχωριστά από τα αρχιτεκτονικά μοντέλα, και οι ενεργειακές αναλύσεις βασίζονται σε ένα μόνο εργαλείο ανάλυσης. Με την εκμετάλλευση των πλούσιων δεδομένων ενός μοντέλου BIM, τα ενεργειακά μοντέλα μπορούν να παραχθούν σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα έχοντας ταυτόχρομα μια κατά πολύ μεγαλύτερη ποικιλία διαθέσιμων ενεργειακών προγραμμάτων.

Προκειμένου να επιτευχθεί μια αλλαγή στις τρέχουσες διαδικασίες διεξαγωγής ενός έργου, είναι αναγκαίο να ορισθεί και να διευκρινισθεί μια σειρά ζητημάτων, μεταξύ των οποίων βρίσκεται η αξιολόγηση των τρεχουσών σχεδιαστικών και κατασκευαστικών διαδικασιών αφενός, οι επιπτώσεις και τα οφέλη της ένταξης της ενεργειακής ανάλυσης στη συνεργατική διαδικασία των πρακτικών του BIM, και αφετέρου των κινδύνων, των ελλείψεων και των περιορισμών που προκύπτουν.

Βάση της διαδικασίας που ακολουθείται, αξιοποιούνται τα απαιτούμενα δεδομένα του αρχιτεκτονικού μοντέλου για την ενεργειακή ανάλυση, χωρίς τη δημιουργία ξεχωριστών ενεργειακών μοντέλων στα προγράμματα ανάλυσης. Το πρόγραμμα Revit Architecture της Autodesk χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του πληροφορικού μοντέλου (BIM model). Στη συνέχεια τα δεδομένα εξάγονται στο πρόγραμμα DesignBuilder για την ενεργειακή ανάλυση.

Παρά τα ορισμένα ζητήματα που προέκυψαν κατά τη μεταφορά των πληροφοριών από το ένα πρόγραμμα στο άλλο, τα δεδομένα που εξάγονται από το μοντέλο BIM είναι σε θέση να παράγουν επιτυχώς το ενεργειακό αναλυτικό μοντέλο.

αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει τα ευρήματα μιας ερευνητικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε με σκοπό τη διερεύνηση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των προγραμμάτων BIM και των αντίστοιχων προγραμμάτων ενεργειακής ανάλυσης. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε σε μεγάλη βιβλιογραφική επισκόπηση, καθώς και σε εξέταση των σημερινών διαθέσιμων ενεργειακών λογισμικών.

Στο πλαίσιο αυτό, εξετάσθηκε και αναλύθηκε ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο. Με βάση τα δεδομένα και τα αποτελέσματα που προέκυψαν, διαπιστώνεται πως το BIM μπορεί ουσιαστικά να συντελέσει στη διεξαγωγή και πολύπλοκων ενεργειακών αναλύσεων με τελικό σκοπό την κατασκευή βιώσιμων κτηρίων.

Στα αποτελέσματα επίσης εντοπίσθηκαν και περιορισμοί, οι οποίοι μπορούν να υποστηρίξουν μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες με σκοπό την πιο έγκυρη μελέτη των επιπτώσεων της εφαρμογής του BIM σε βιώσιμες κατασκευές.

Γενικοί στόχοι:

- 1_ Θεμελιώδης προσέγγιση και εφαρμογή της προαναφερθείσας διαδικασίας
- 2_ Διερεύνηση των δυνατοτήτων του Building Information Modeling και της διαλειτουργικότητας των διαθέσιμων προγραμμάτων
- 3_ Παρουσίαση μιας λογικής διαδικασίας δημιουργίας ενός μοντέλου BIM, ανάλυση μέσω της ενεργειακής προσομοίωσης και αξιολόγηση της απόδοσής του
- 4_ Ανάπτυξη μιας σειράς ενοτήτων που ακολουθούν την παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία

Η εργασία χωρίζεται στα εξής μέρη:

_Μέρος α': Υπόβαθρο, γενικές πληροφορίες, σκοπός εργασίας, εννοιολογικές προσεγγίσεις (Building Information Modeling, Energy simulation)

_Μέρος β': Επιλογή κτηρίου για μελέτη, επιλογή software, σύντομη ανασκόπηση των διαθέσιμων προγραμμάτων σήμερα, προδιαγραφές ενεργειακών μοντέλων

_Μέρος γ': Μεθοδολογία προσομοίωσης, βήματα που ακολουθούνται, δημιουργία κτηριακού μοντέλου και προετοιμασία ενεργειακού μοντέλου (data exchange, energy model preparation)

_Μέρος δ': Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης, περιορισμοί

BIM (Building Information Modeling)

Υπάρχουν σχεδόν τόσες ερμηνείες του όρου όσοι είναι και οι χρήστες του. Κάποιοι υποστηρίζουν πως το BIM είναι ένα είδος λογισμικού, άλλοι πως είναι απλώς η τρισδιάστατη απεικόνιση ενός κτηρίου, και κάποιοι λένε πως δεν είναι τίποτα παραπάνω από μία απλή συλλογή οικοδομικών πληροφοριών, οργανωμένη σε μία βάση δεδομένων, εύκολα διαχειρίσιμη, τόσο οπτικά όσο και αριθμητικά. Θα μπορούσε κανείς με ασφάλεια να πει πως το BIM είναι όλα τα παραπάνω, αλλά και πολλά περισσότερα. Όλα αρχίζουν με ένα τρισδιάστατο μοντέλο κτηρίου. Το BIM είναι μία διαδικασία η οποία περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός ευφυούς τρισδιάστατου μοντέλου για το σχεδιασμό, την κατασκευή αλλά και την περαιτέρω διαχείριση και λειτουργία ενός κτηρίου. Στη βιομηχανία κατασκευής, αλλά και γενικότερα στο χώρο των μηχανικών, υπάρχει η εσφαλμένη αντίληψη ότι το BIM είναι μόνο ένα λογισμικό. Αν και το λογισμικό είναι πολύ σημαντικό μέρος της διαδικασίας, το BIM είναι κάτι πολύ παραπάνω από μία εφαρμογή. Ανηποσωπεύει έναν εντελώς διαφορετικό τρόπο σχεδιαστικής μεθοδολογίας.

Το BIM είναι κάτι πολύ μεγαλύτερο σαν έννοια από ένα λογισμικό και μία τρισδιάστατη σχεδιαστική απεικόνιση. Για την κατανόηση του όρου και των όσων αυτός συμπεριλαμβάνει, απαιτείται ο επαναπροσδιορισμός των μέχρι τώρα παραδοσιακών αρχιτεκτονικών φάσεων σχεδιασμού.

Η διαλειτουργικότητα του κτηριακού μοντέλου εξασφαλίζεται μέσα από τη συνύπαρξη των σωστών σχεδίων, των κύριων κατασκευαστικών λεπτομερειών, των οικοδομικών κανονισμών, του κόστους κατασκευής και προμηθειών, των περιβαλλοντικών συνθηκών και της αποδοτικής συνεργασίας μεταξύ των μηχανικών, των κατασκευαστών αλλά και των ιδιοκτητών. Η όλη διαδικασία αφορά τη συλλογή ξεχωριστών πληροφοριών μέσα σε έναν κεντρικό ψηφιακό πυρήνα, ο οποίος στη συνέχεια αποτελεί την καρδιά του συνολικού ψηφιακού μοντέλου.

"Το BIM είναι η ψηφιακή αναπαράσταση των φυσικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός κτηριακού συγκροτήματος, ώστε να συγκροτείται κοινό γνωστικό πλαίσιο για τις πληροφορίες που το αφορούν και να διευκολύνονται οι αποφάσεις που αναφέρονται σε αυτό, από τη σύλληψή του και μετά. Βασική πλευρά του BIM είναι η συνεργασία μεταξύ διαφορετικών μερών που εμπλέκονται στις διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής του κτηρίου, ώστε να εισάγουν, να εξάγουν, να ενημερώνουν ή να τροποποιούν πληροφορίες του BIM. Το BIM είναι ψηφιακή παράσταση κτηρίου που βασίζεται σε ανοικτά πρότυπα διαλειτουργικότητας".

(National BIM Standards -NBIMS)

Οι εφαρμογές BIM μιμούνται την πραγματική οικοδομική διαδικασία. Τα σχέδια ενός κτηρίου δεν είναι πια μία απλή δισδιάστατη απεικόνιση γραμμών, αλλά ένα πραγματικό μοντέλο το οποίο αποτελείται από τα πραγματικά οικοδομικά του μέρη, όπως τοίχοι, παράθυρα, πλάκες, στέγες. Αυτό αυτόματα μετατρέπει τη σχεδίαση στον πραγματικό τρόπο που ένα κτήριο κατασκευάζεται. Καθώς όλες οι πληροφορίες του μοντέλου είναι συγκεντρωμένες σε έναν κεντρικό πυρήνα, όλα τα σχέδια είναι συντονισμένα και ενημερωμένα. Η οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα σχέδιο, για παράδειγμα σε μία κάτοψη, εμφανίζεται και σε όλα τα υπόλοιπα σχέδια.

Η κύρια διαφορά μεταξύ του BIM και των συμβατικών 3D CAD, είναι πως το δεύτερο περιγράφει ένα κτήριο μέσα από ανεξάρτητες τρισδιάστατες προβολές των κατόψεων, των τομών και των όψεων. Η επεξεργασία ενός μεμονωμένου σχεδίου προϋποθέτει πως όλα τα άλλα σχέδια πρέπει να ελέγχονται και να ενημερώνονται παράλληλα, μία διαδικασία ιδιαίτερα επιρρεπή σε λάθη. Επιπλέον, τα δεδομένα σε αυτά τα τρισδιάστατα σχέδια είναι μόνο γραφικές οντότητες, όπως γραμμές, τόξα, κύκλοι, σε αντίθεση με τα ευφυή σημασιολογικά μοντέλα BIM, όπου τα αντικείμενα ορίζονται σε όρους δομικών στοιχείων και συστημάτων.

Revit Architecture

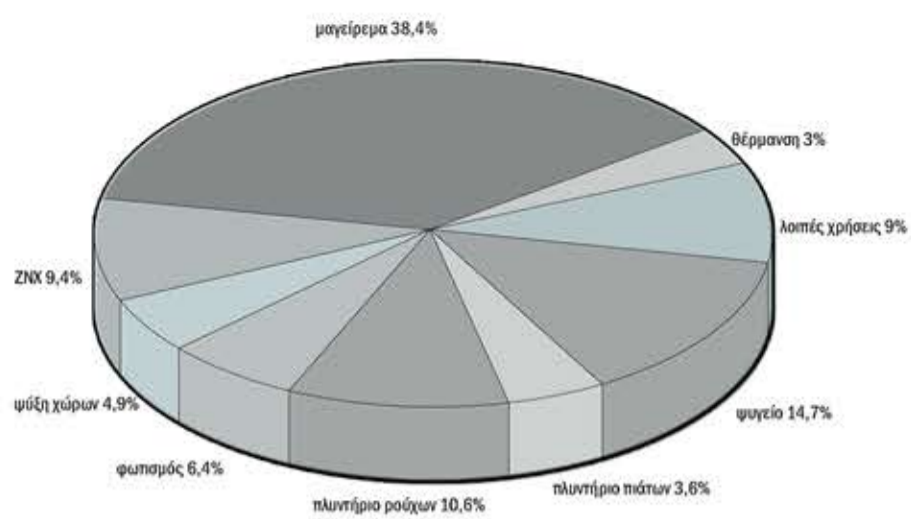
Το Revit είναι το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα BIM σήμερα. Η ιδιοκτησία του έχει περάσει στην Autodesk, η οποία επενδύει σημαντικά στην επιτυχία του, ενώ παράλληλα συνεχίζει να προωθεί το AutoCAD και το Architecture. Είναι εμφανές, όμως, ότι θεωρεί το Revit ως το κύριο 'όχημά' της στην τεχνολογία BIM. Οι διαφορές του από το επίσης διαδεδομένο AutoCAD είναι μεγάλες και ουσιώδεις. Στην πραγματικότητα, τα δύο προγράμματα ανήκουν σε δύο τελείως διαφορετικούς κόσμους. Το AutoCAD δεν εκπροσωπεί απλώς έναν κόσμο που 'φεύγει', αλλά και μια τεχνολογία που σήμερα θεωρείται υπεύθυνη για σοβαρά προβλήματα μεγάλου κόστους στις κατασκευές. Με λίγα λόγια, εκπροσωπεί το τέλος της μίμησης του σχεδιαστήριου, των οργάνων και των μεθόδων του.

Το Revit είναι παραμετρικό λογισμικό, επομένως οι διαστάσεις που θέτουμε κατά το σχεδιασμό λειτουργούν ως 'παράμετροι', και καθορίζουν τα μεγέθη. Αν αλλάξουν οι τιμές τους, τότε αλλάζουν και τα αντικείμενα. Το Revit περιλαμβάνει επίσης ισχυρό μηχανισμό κληρονομικότητας, ο οποίος επιτρέπει τη δημιουργία οντολογικών ιεραρχιών, οι οποίες ονομάζονται 'οικογένειες' (families), και στις οποίες εντάσσονται οι παραμετρικές οντότητες. Οι οντότητες αυτές είναι 'ευφυή' ομοιώματα μερών του κτηρίου, ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους, αλληλοενημερώνονται και αλληλεπιδρούν, στο πλαίσιο των ορισμών και των μεθόδων του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού.

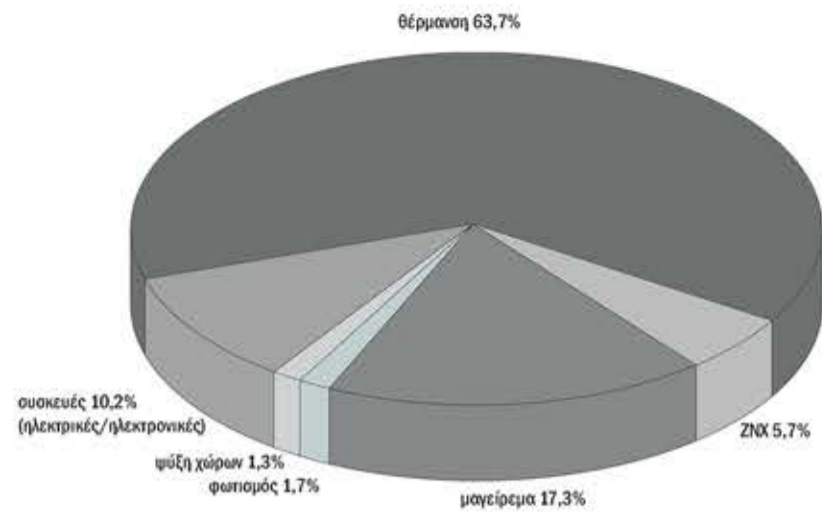
Στο Revit δεν υπάρχουν σχέδια, αλλά ομοιώματα μερών κτηρίου. Τα σχέδια είναι απεικονίσεις των ομοιωμάτων. Υπάρχει μόνο ένα αρχείο για όλο το ομοίωμα, το οποίο είναι οργανωμένο ως βάση δεδομένων. Όπως και σε όλα τα λογισμικά BIM, η σχεδίαση γίνεται με τρισδιάστατες οντότητες, οι οποίες φέρουν αφενός πλήθος ιδιοτήτων αρχιτεκτονικής και κατασκευαστικής σημασίας, και αφετέρου, μεθόδους αλληλεπίδρασης. Τέλος, το Revit ενσωματώνει δεδομένα και βασικές λειτουργίες για την απεικόνιση του έργου σε 4D (χρονοπρογραμματισμός), 5D (κόστος), και την υποστήριξη ειδικών μελετών (στατικά, Η/Μ, κλπ.).

Το Revit έφερε επανάσταση στον κόσμο του BIM, διαμορφώνοντας μια πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιεί ένα διαδραστικό προγραμματιστικό περιβάλλον για τη δημιουργία παραμετρικών οικογενειών, και εισάγοντας στο σχεδιασμό την τέταρτη διάσταση, δηλαδή τον χρόνο. Ένα από τα πρώτα έργα που σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν με τη χρήση του Revit ήταν το Freedom Tower στο Μανχάταν.

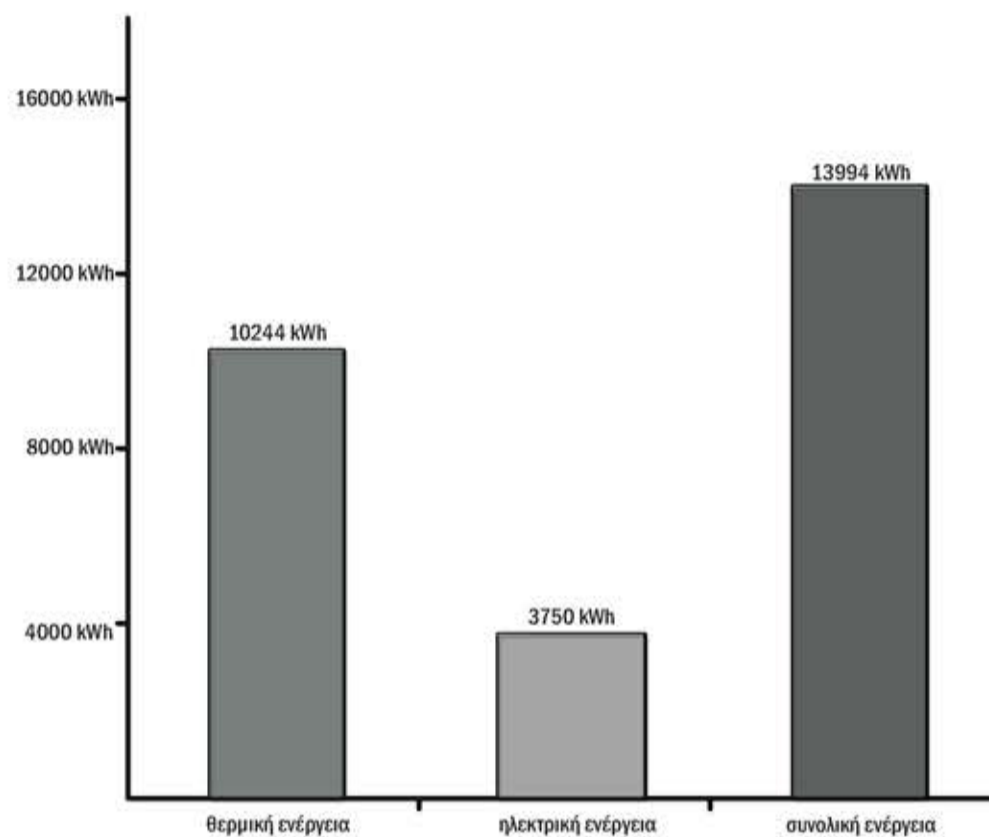
Παρ' όλο που η εμφάνιση του όρου και της τεχνολογίας BIM πλησιάζει την τριακοστή επέτειό της, η βιομηχανία δεν έχει αντιληφθεί πλήρως τα πιθανά οφέλη της. Καθώς πλησιάζει η εποχή όπου η πλειοψηφία των κτηρίων θα κατασκευάζεται ψηφιακά, μία νέα αγορά οικοδομικών υλικών και δομικών συστατικών κάνει την εμφάνισή της. Σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση μιας τέτοιας αγοράς παίζουν οι βιώσιμες πρακτικές σχεδιασμού (sustainable design practices), οι οποίες ενισχύουν τη σχεδίαση κτηρίων αποτελούμενων από ανακυκλώσιμα υλικά.



ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τελική χρήση (πηγή: Εθνική Στατιστική Αρχή)



ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση (πηγή: Εθνική Στατιστική Αρχή)



μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά νοικοκυριό (πηγή: Εθνική Στατιστική Αρχή)

ενεργειακή προσομοίωση κτηρίου

Ενεργειακές αναλύσεις πραγματοποιούνταν πριν ακόμη την εμφάνιση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίες όμως δεν βασιζόνταν πάντα σε έγκυρες μεθόδους, με αποτέλεσμα την κακή τελική απόδοση των κτηρίων. Η ενεργειακή προσομοίωση με τη βοήθεια υπολογιστή ξεκινά τη δεκαετία του 1960, η οποία έγινε ιδιαίτερα δημοφιλής τη δεκαετία του '70 και του '80. Οι εξελίξεις που ακολούθησαν στην τεχνολογία των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών επέτρεψε και την παράλληλη εμφάνιση ποικίλων προγραμμάτων ενεργειακής ανάλυσης.

Τα προγράμματα αυτά επιχείρησαν να μιμηθούν τις πραγματικές φυσικές συνθήκες, αντιμετωπίζοντας την έννοια του χρόνου ως μία ανεξάρτητη μεταβλητή, λύνοντας μια σειρά εξισώσεων.

Λόγω του μεγάλου επιπέδου δυσκολίας και του υψηλού κόστους των πρώτων προγραμμάτων, οι περισσότερες εργασίες προσομοίωσης περιορίστηκαν στο χώρο ερευνητικών εργαστηρίων.

Από τη δεκαετία του 1990 ξεκίνησε η διάδοση των ενεργειακών προσομοιώσεων και η εφαρμογή τους στις επαγγελματικές πρακτικές.

Τα διαθέσιμα προγράμματα ενεργειακής ανάλυσης σήμερα είναι σε θέση να προσομοιώσουν σχεδόν κάθε κατηγορία της συνολικής απόδοσης ενός κτηρίου. Μερικές από αυτές τις κατηγορίες είναι οι εξής:

1. ηλιακή ακτινοβολία, τόσο στο εξωτερικό της μάζας ενός κτηρίου όσο και στις εσωτερικές του ζώνες
2. φορτία θερμικών ζωνών και επίπεδα εσωτερικής άνεσης
3. ροή άερα, φυσικός και τεχνητός αερισμός
4. φωτισμός, εξοπλισμός
5. παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
6. συστήματα HVAC
7. έλεγχος συστημάτων σκιασμού
8. περιβαλλοντικές εκπομπές

Τα προγράμματα ενεργειακής ανάλυσης, εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες που μας προσφέρουν, μπορούν εξίσου αποτελεσματικά να χρησιμοποιηθούν στις πρώιμες φάσεις του σχεδιασμού για την ανάπτυξη και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων για την επιλογή των βέλτιστων σχεδιαστικών λύσεων.

Κάποια από τα εναλλακτικά σενάρια μπορούν να περιλαμβάνουν τα εξής:

1. σχήμα, μορφή κτηριακής μάζας
2. προσανατολισμός
3. επιλογή κατάλληλων υλικών
4. τύπος και τοποθέτηση υαλοπινάκων
5. συστήματα HVAC

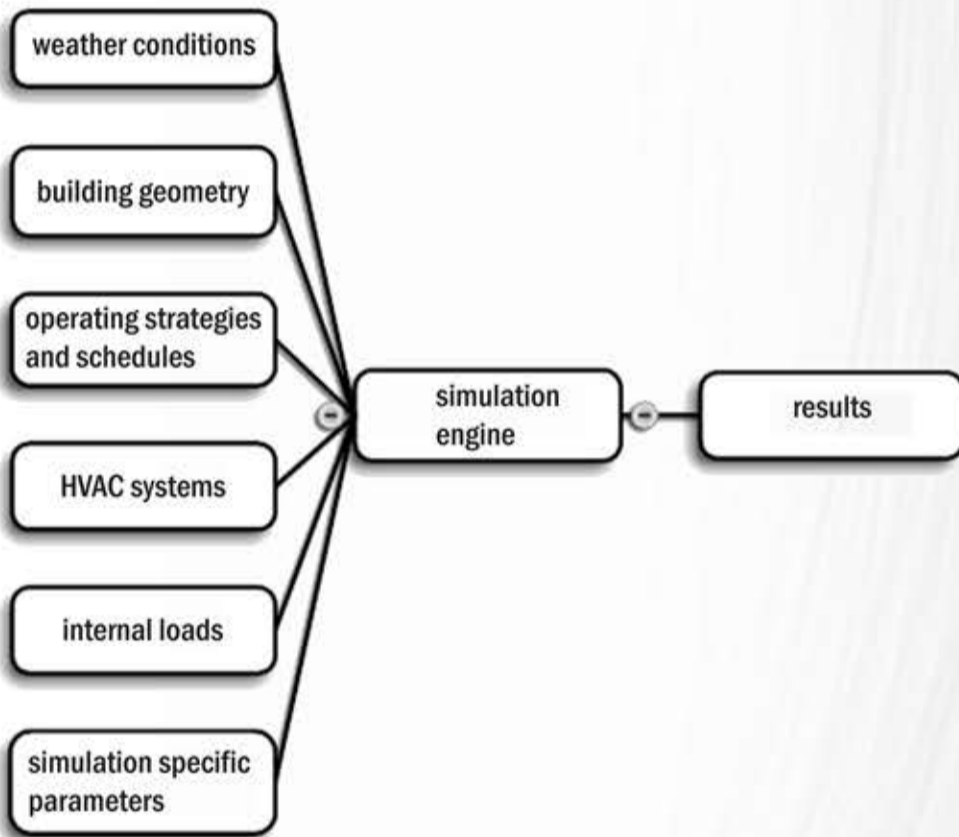
Τα εργαλεία ενεργειακής προσομοίωσης υπολογίζουν την απόδοση ενός κτηρίου και την εσωτερική θερμική άνεση των χρηστών του προσομοιώνοντας ουσιαστικά τον τρόπο με τον οποίο ένα κτήριο λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένα κριτήρια.

Βέβαια υπάρχουν και περιορισμοί, γι' αυτό και είναι απαραίτητη η κατανόηση ορισμένων βασικών αρχών της ενεργειακής προσομοίωσης, η οποία βασίζεται σε θερμοδυναμικές εξισώσεις, αρχές και παραδοχές. Καθώς οι θερμικές διεργασίες είναι αρκετά περίπλοκες ως διαδικασίες, και όχι απόλυτα κατανοητές, τα ενεργειακά προγράμματα υπολογίζουν κατά προσέγγιση τα αποτελέσματά τους μέσω ποιοτικών μεθόδων. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να είναι αυθαίρετα και λανθασμένα, αν κάποια κριτήρια και προϋποθέσεις δεν ικανοποιούνται.

Η ενεργειακή προσομοίωση μπορεί να εφαρμοσθεί σχεδόν σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτηρίου.

Από τα βασικότερα δεδομένα που πρέπει να εισάγουμε σε ένα πρόγραμμα είναι φυσικά η γεωμετρία του κτηρίου.

Είναι αναγκαίο να διευκρινισθεί πως ένα αρχιτεκτονικό κτηριακό μοντέλο διαφέρει κατά πολύ από το αντίστοιχο ενεργειακό, καθώς το τελευταίο είναι μια απλοποιημένη μορφή του πρώτου. Για την πραγματοποίηση μια ενεργειακής προσομοίωσης είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των θερμικών ζωνών του κτηρίου, οι οποίες ζώνες είναι πιθανό να μην είναι ανάλογοι των τοίχων ενός αρχιτεκτονικού μοντέλου.



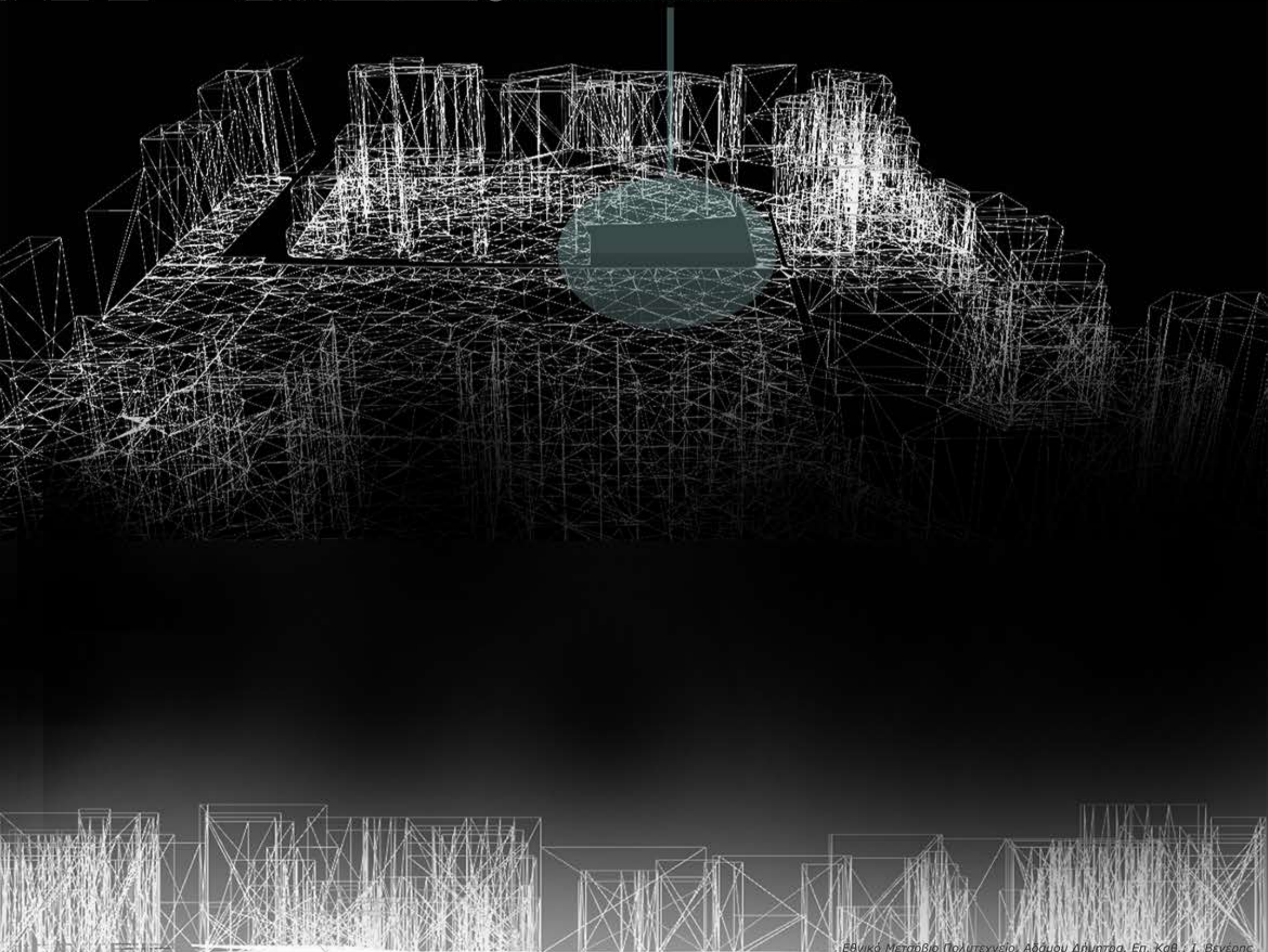
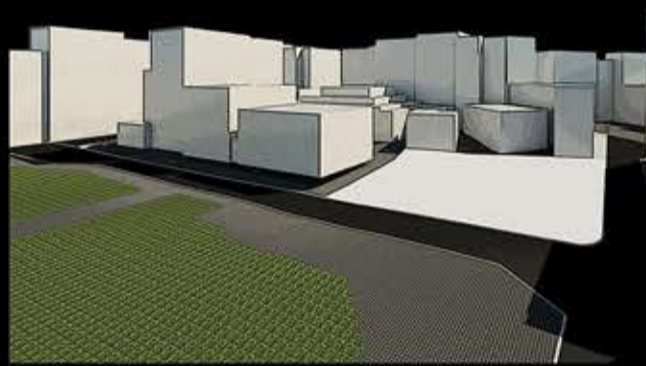
_General input data of thermal simulation engines

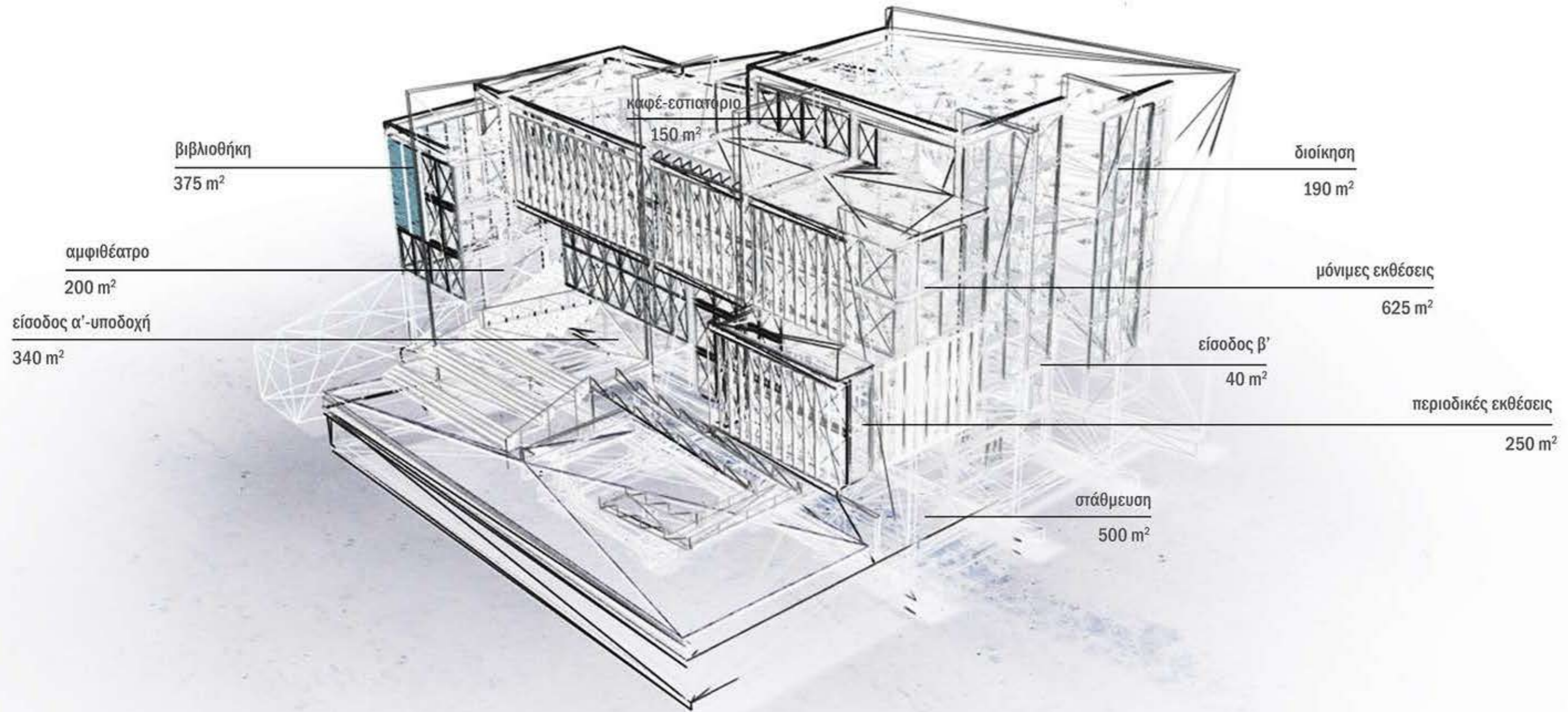
εργαλεία προσομοίωσης

1. DOE-2
2. Energy Plus
3. E-Quest
4. DesignBuilder
5. Autodesk Green Building Studio

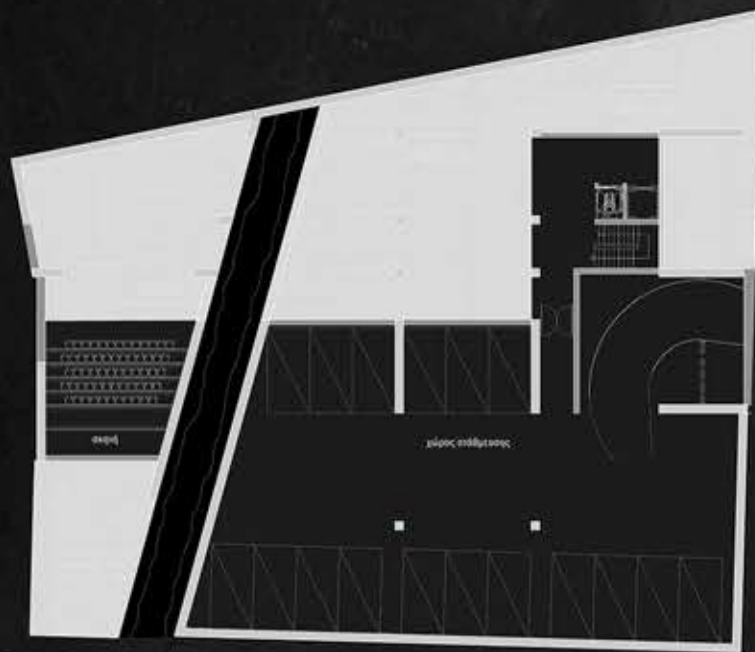


Για τη σύνθεση του νέου μουσείου πόλης των Αθηνών έχει επιλεγθεί το γωνιακό οικόπεδο στις οδούς Παπαρηγοπούλου και Περνασσού απέναντι από την πλατεία Κλαθμώνος. Με αφορμή το γεγονός ότι το οικόπεδο διασχίζεται υπογείως από το αρχαίο Θεμιστόκλειο τοίχος, η κεντρική ιδέα του κτηρίου βασίζεται στη σύνθεση όγκων οι οποίοι διαπερνώνται εγκάρσια σε διαφορετικά σημεία από ισχυρά και μεγάλου ύψους τοιχεία. Το γραμμικό αυτό στοιχείο (τοιχείο) μέσω της επανάληψης, κλιμακώνεται διαφορετικά σε κάθε όγκο και ακολουθεί διαφορετική κατά ύψος πορεία, ξεκινώντας χαμηλά από την βορειοδυτική όψη (όψη από την Παπαρηγοπούλου) και κορυφώνεται στη νοτιοδυτική όψη (όψη από Περνασσού). Αυτή η κλιμάκωση, τόσο των τοιχείων όσο και των όγκων, συμβάλει αφενώς στην αρμονική ανάπτυξη του μετώπου της οδού Παπαρηγοπούλου και αφετέρου στη διατήρηση ενός μεγαλουψούς χαρακτήρα.

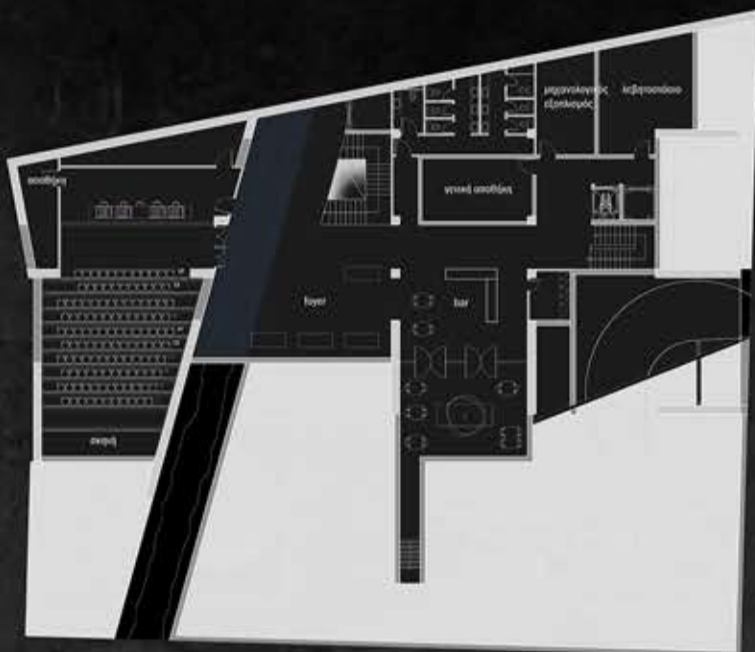




κατόψεις



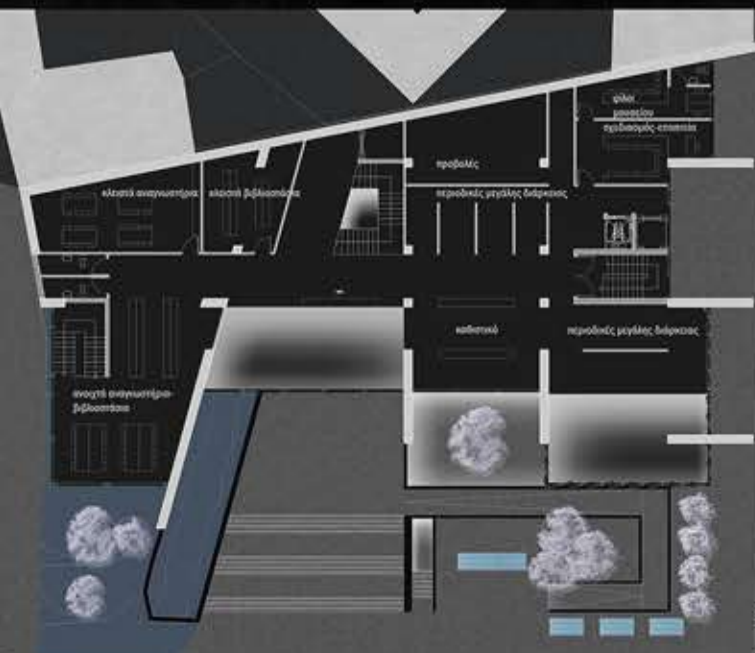
κάτοψη επιπέδου -3,50
κλίμακα 1:100



κάτοψη επιπέδου -1,00
κλίμακα 1:100

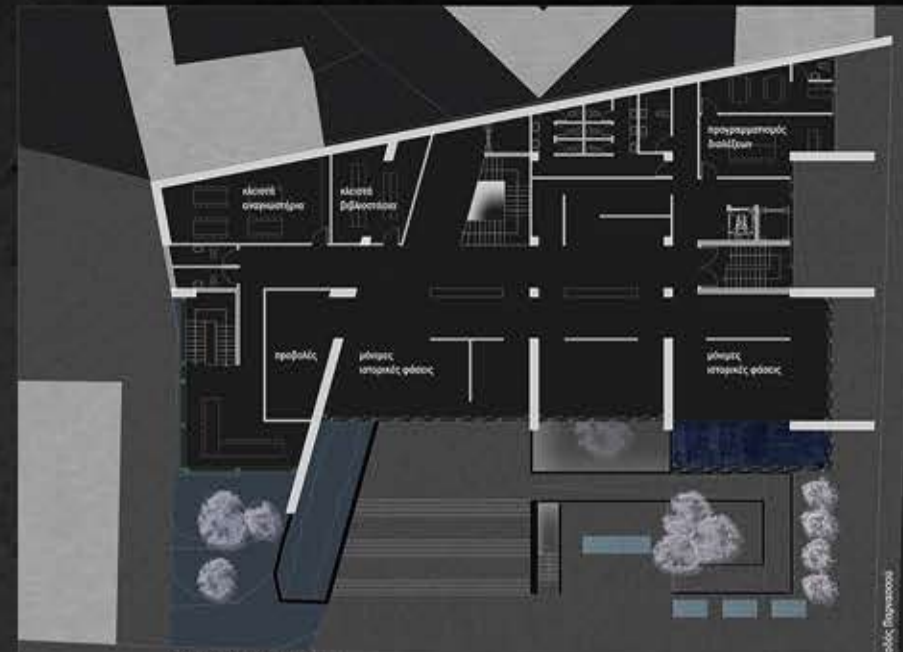


κάτοψη επιπέδου +2,00
κλίμακα 1:100



κάτοψη επιπέδου +5,00
κλίμακα 1:100

κατόψεις



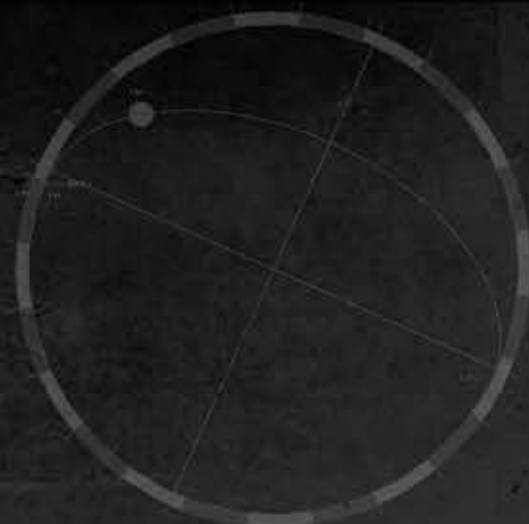
κάτοψη επιπέδου +8,00
κλίμακα 1:100



κάτοψη επιπέδου +11,00
κλίμακα 1:100



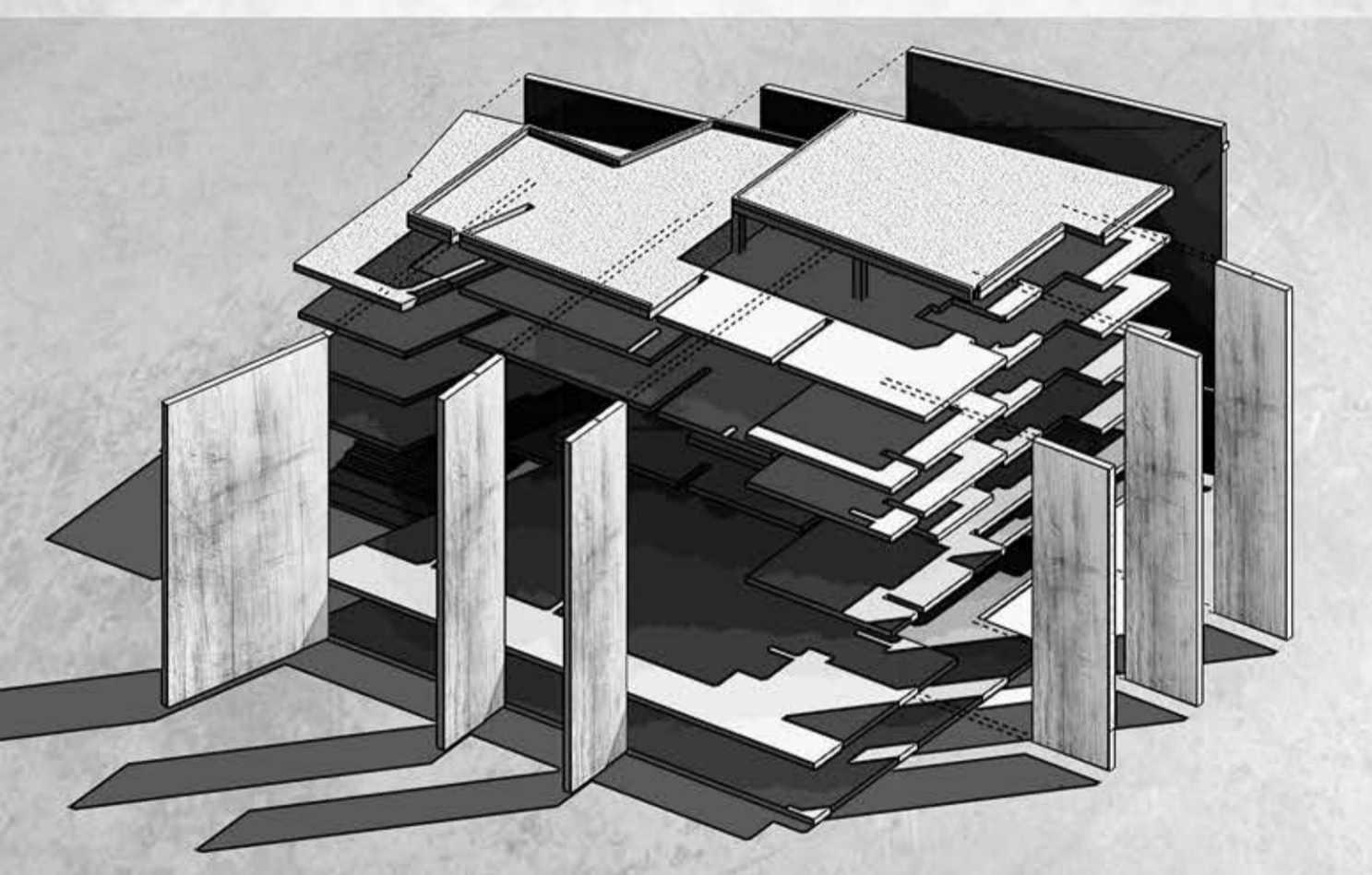
κάτοψη επιπέδου +14,00
κλίμακα 1:100



απόψεις του κτηρίου



_exploded view



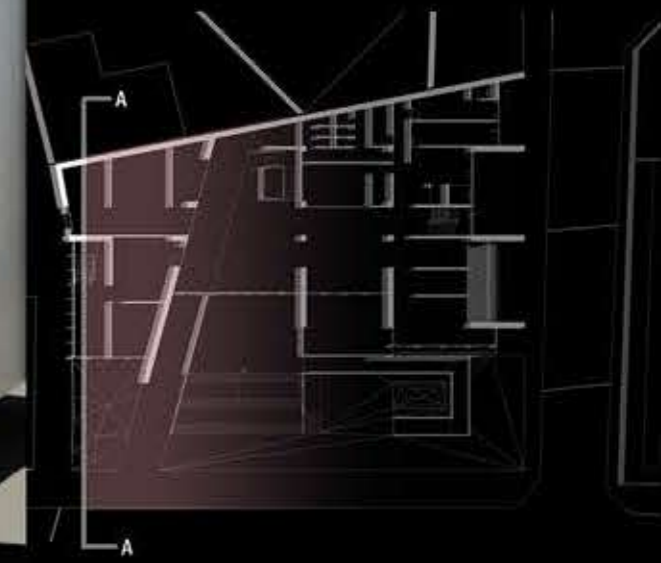
_exploded view



_νοτιοδυτική όψη



τομή A-A



εμφανές μπετό



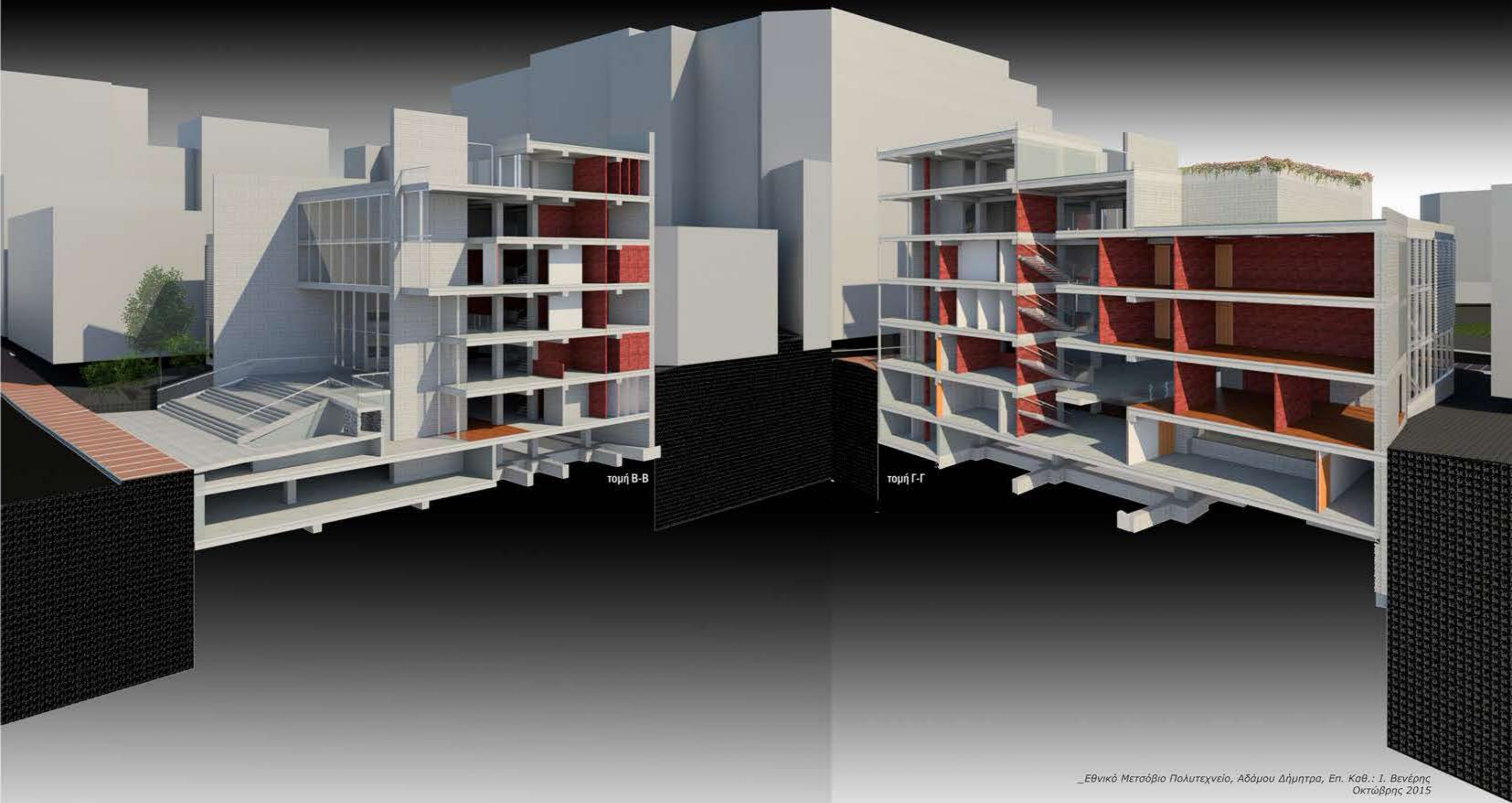
σποπλινθοδομή

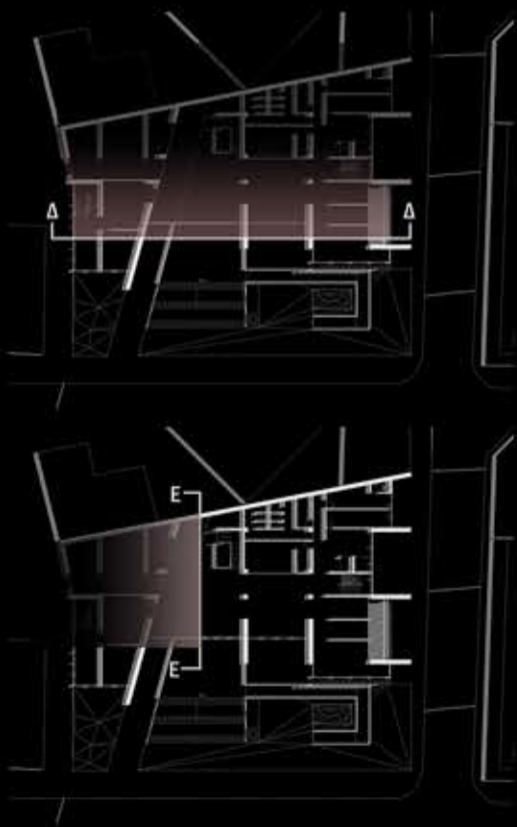


ξύλινο δάπεδο



πλάκες πεζοδρόμησης







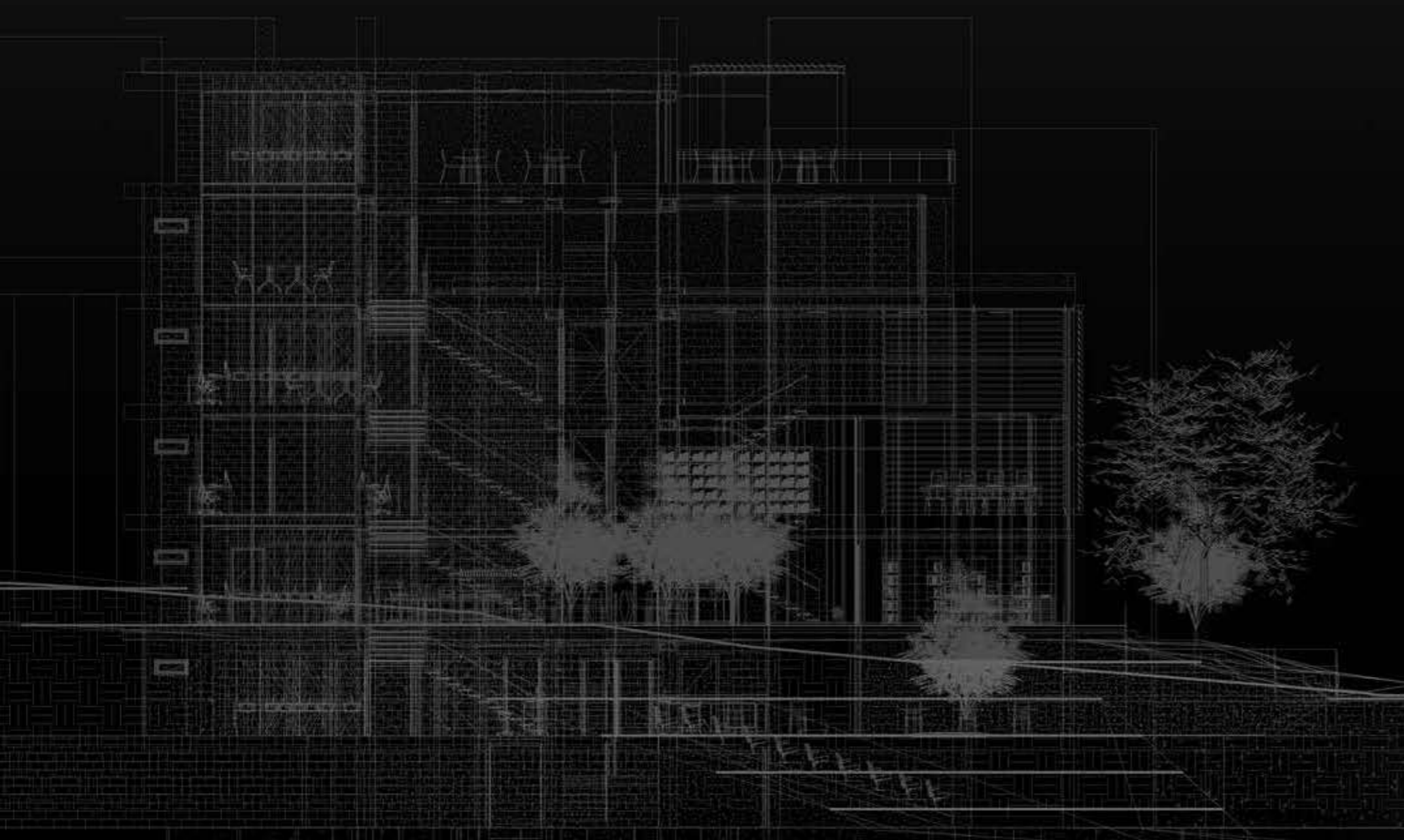
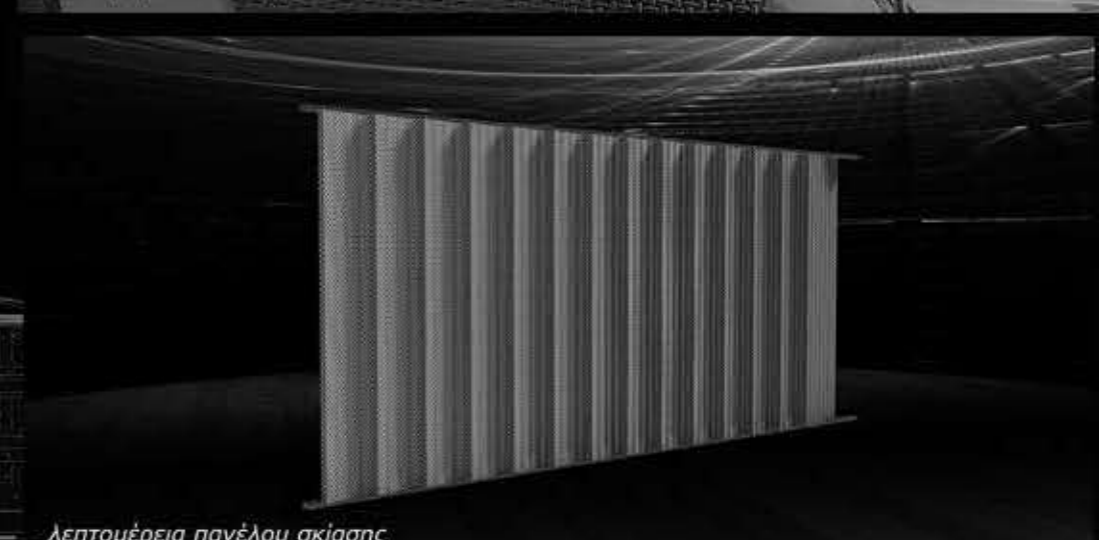
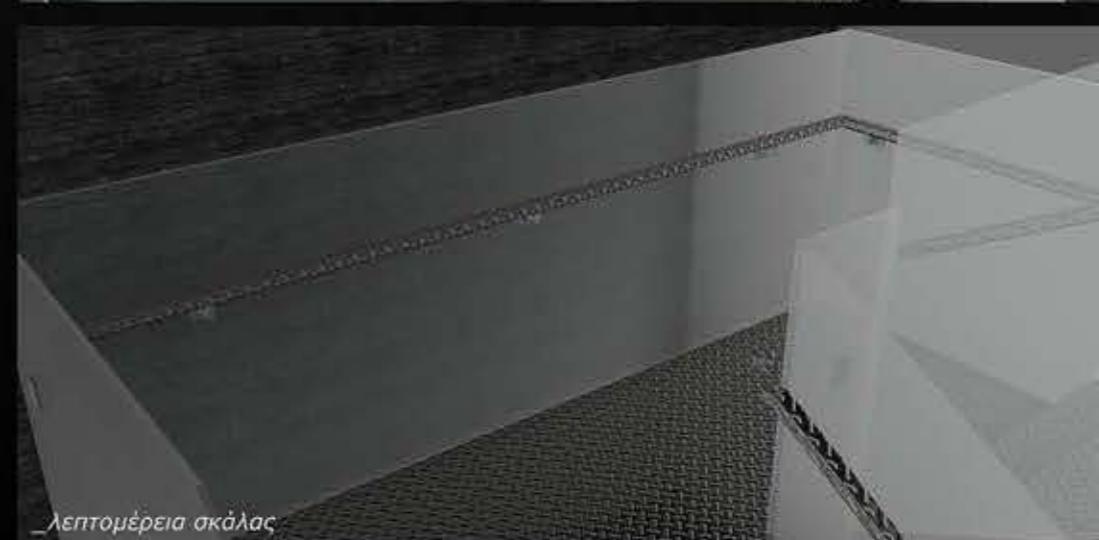
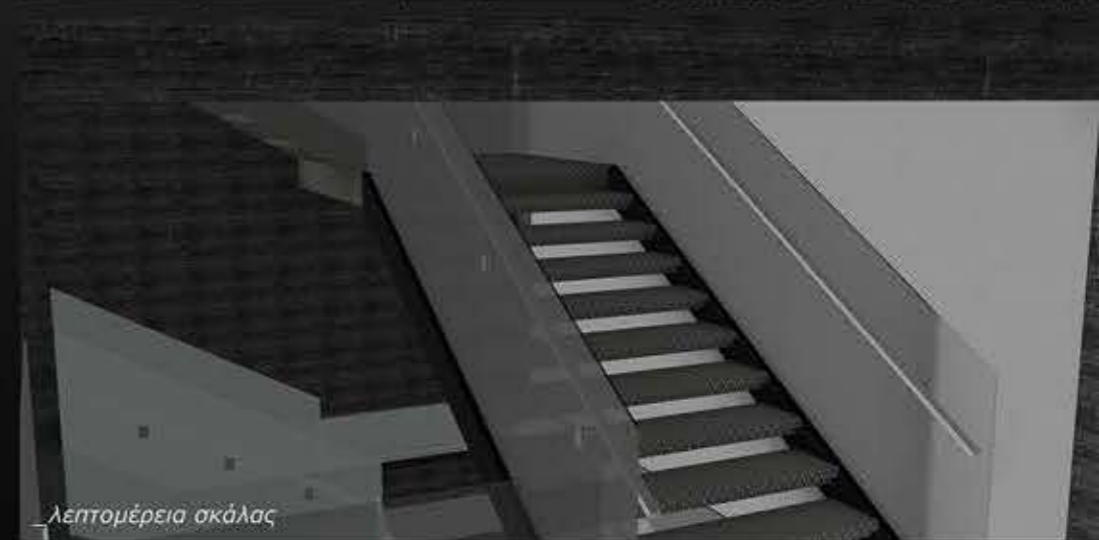
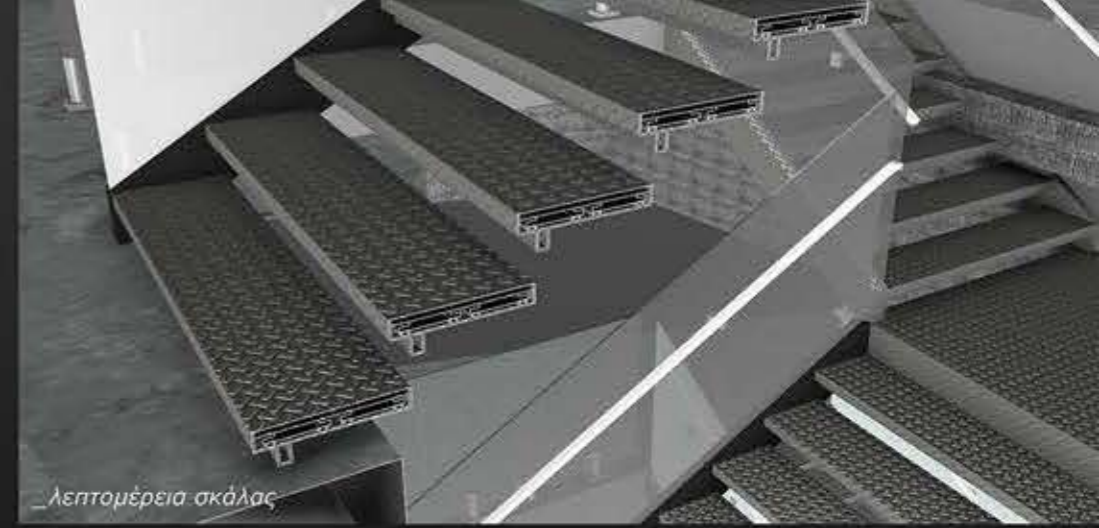
_βορειοδυτική άποψη



_WC

_χώρος αμφιθέατρου





επιλογή software

Για την κατασκευή του κτηριακού μοντέλου BIM επιλέχθηκε το Revit Architecture, το οποίο και υποστηρίζει την εξαγωγή των κατάλληλων κτηριακών δεδομένων για τους σκοπούς της ενεργειακής ανάλυσης. Το πρόγραμμα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση είναι το DesignBuilder, το οποίο έχει τη δυνατότητα να εκτελεί λεπτομερείς και ακριβείς ενεργειακές προσομοιώσεις. Και τα δύο αυτά προγράμματα υποστηρίζουν τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων για περαιτέρω αναλύσεις.

DesignBuilder

Το DesignBuilder διαθέτει μία πολύ ισχυρή μηχανή προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας τη βελτιωμένη έκδοση του Energy Plus. Η γεωμετρία ενός κτηρίου μπορεί είτε να δημιουργηθεί μέσα στο περιβάλλον του προγράμματος, είτε να εισαχθεί σε αυτό με τη μορφή αρχείου gbXML, προερχόμενο από κάποιο άλλο αρχιτεκτονικό σχεδιαστικό πρόγραμμα. Η "κληρονομικότητα" των δεδομένων και των αντικειμένων επιτρέπει την πραγματοποίηση αλλαγών σε ολόκληρο το κτηριακό μοντέλο, ή στα αντίστοιχα blocks και families. Η μοντελοποίηση της κτηριακής απόδοσης χρησιμοποιώντας το Energy Plus επιτρέπει τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού. Το Energy Plus χρησιμοποιεί και συνδυάζει τα καλύτερα χαρακτηριστικά των προσομοιώσεων DOE-2 και BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics), γεγονός που το καθιστά "νέας γενιάς" μηχανή προσομοίωσης. Το σύστημα BLAST είναι μια ομαδοποιημένη μορφή των ενεργειακών προγραμμάτων.

κύρια χαρακτηριστικά

Το DesignBuilder είναι το πρώτο ολοκληρωμένο σχεδιαστικό περιβάλλον εργασίας του Energy Plus, τα κύρια χαρακτηριστικά του οποίου είναι τα εξής:

- 1_ Μπορεί να εισάγει 3D μοντέλα από το Revit, το Archicad, το Microstation και άλλα σχεδιαστικά προγράμματα που υποστηρίζουν αρχεία gbXML
- 2_ Είναι εύκολο στη χρήση, καθώς επιτρέπει το σχεδιασμό και τη μοντελοποίηση σε τρισδιάστατο χώρο εργασίας
- 3_ Έχει ενσωματωμένα χαρακτηριστικά για τη διευκόλυνση ενεργειακών συγκρίσεων. Η παραμετρική ανάλυση επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης των μεταβολών των παραμέτρων σχεδιασμού στην τελική κτηριακή απόδοση
- 4_ Τα πρότυπα ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) είναι ενσωματωμένα στο λογισμικό (4429 σύνολα δεδομένων-τοποθεσίες, πληροφορίες καιρικών συνθηκών)

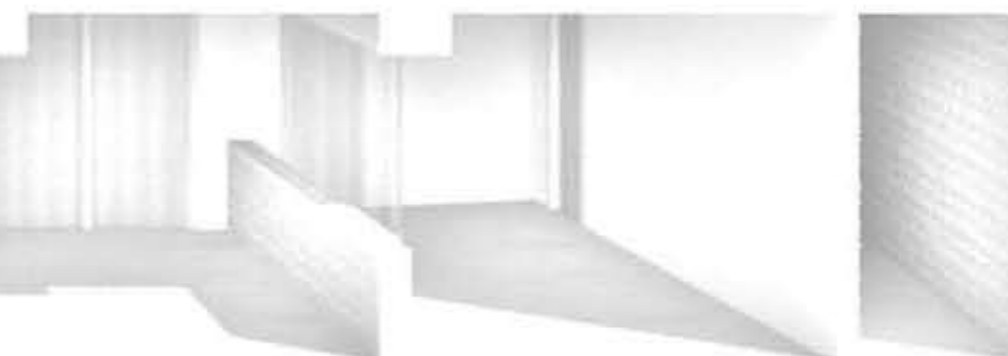
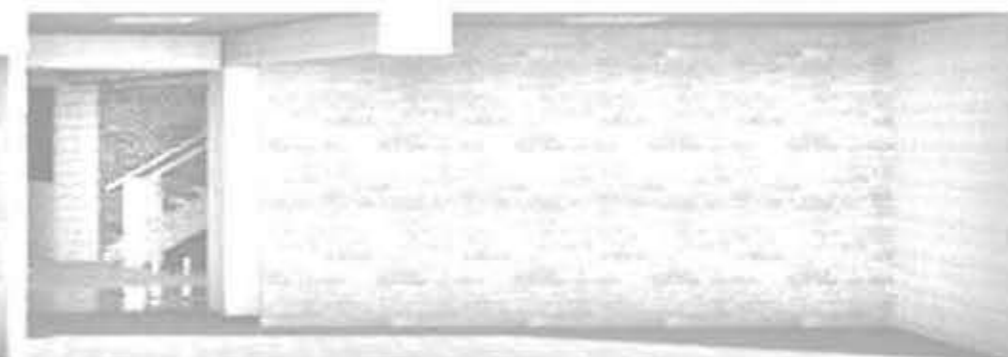
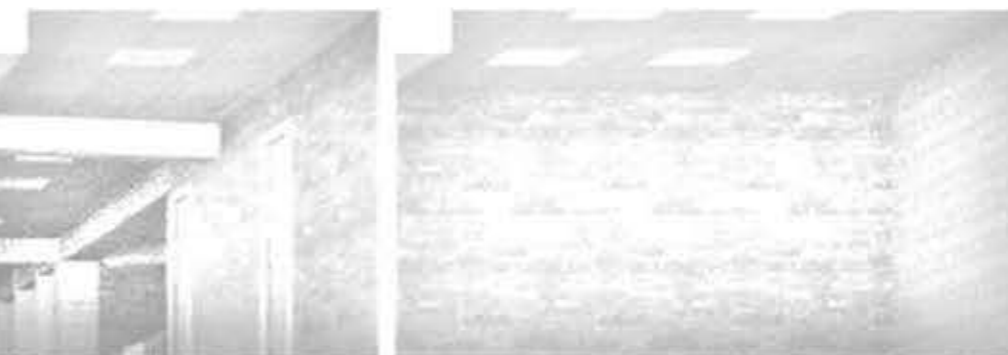
κύριες χρήσεις

- 1_ Ενεργειακή προσομοίωση κτηρίου
- 2_ Αξιολόγηση μιας σειράς επιλογών προσόψεων για τη διερεύνηση της επίδρασης του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του κτηρίου, καθώς και για το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα
- 3_ Αξιολόγηση της βέλτιστης χρήσης του φυσικού φωτός μέσω της μοντελοποίησης συστημάτων φωτισμού και υπολογισμός εξοικονόμησης ηλεκτρικού φωτισμού
- 4_ Υπολογισμός θερμοκρασιών, ταχύτητας και ροής αέρα τόσο στο εσωτερικό, όσο και στο εξωτερικό του κτηρίου
- 5_ Οπτικοποίηση συστημάτων σκιασμού
- 6_ Θερμική προσομοίωση φυσικού αερισμού
- 7_ Σχεδιασμός συστημάτων HVAC

προδιαγραφές ενεργειακού μοντέλου

Ανάλογα με το εργαλείο ανάλυσης που χρησιμοποιείται, ένα ενεργειακό κτηριακό μοντέλο ενδέχεται να απαιτεί τον καθορισμό μιας σειράς παραμέτρων, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν τα εξής:

- 1_ κατασκευαστικά υλικά και συναφείς θερμικές ιδιότητες
- 2_ συστήματα HVAC και ζεστού νερού
- 3_ τύπος φωτισμού
- 4_ αριθμός χρηστών κτηρίου
- 5_ αριθμός και είδος ηλεκτρονικών συσκευών
- 6_ εσωτερικά θερμικά κέρδη από συσκευές
- 7_ φυσικός αερισμός κτηρίου
- 8_ χρονοδιαγράμματα λειτουργίας



διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Ο όρος διαλειτουργικότητα αναφέρεται στην ικανότητα δύο ξεχωριστών συστημάτων ή λογισμικών να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της ικανότητας των προγραμμάτων είναι η αποφυγή λαθών και απολυών η οποία προκύπτει από την αναπαραγωγή των ψηφιακών δεδομένων. Η διαλειτουργικότητα είναι ένα από τα κύρια θέματα έρευνας και ανάπτυξης στην τεχνολογία πληροφορίας (information technology).

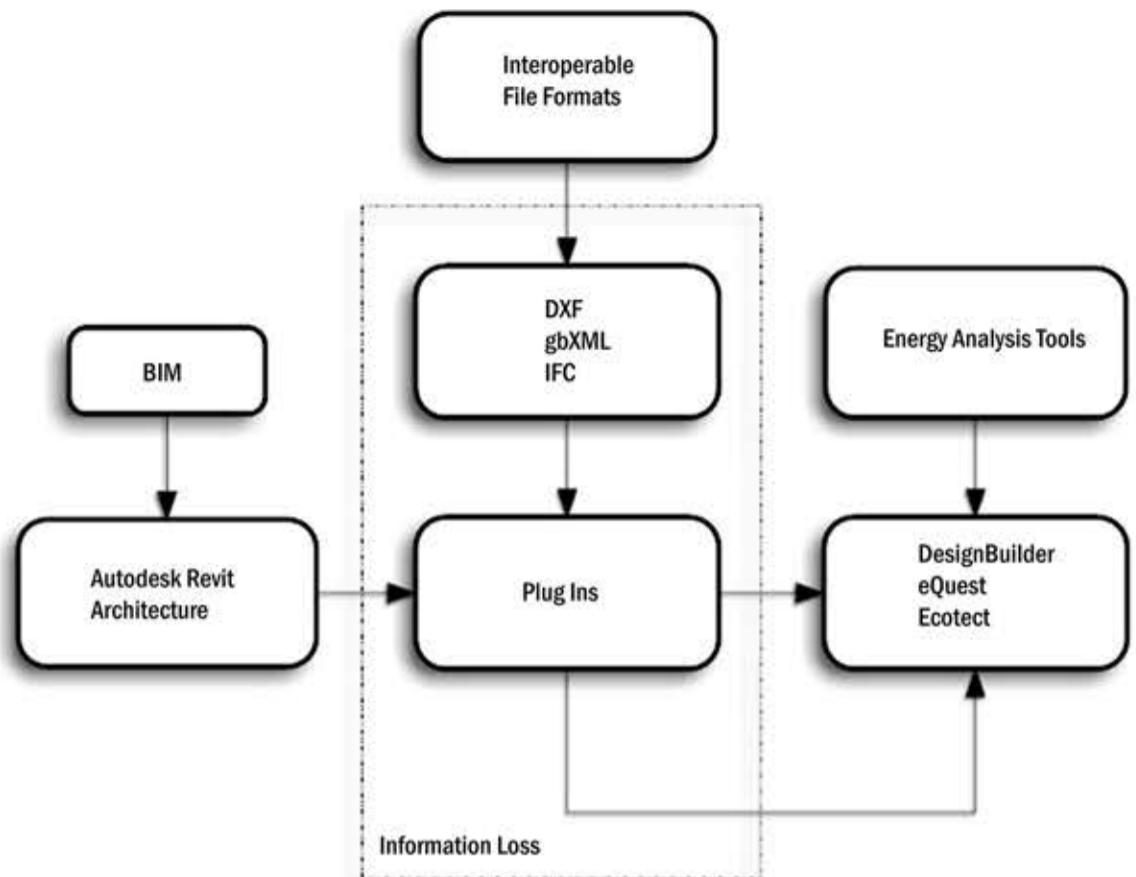
Σήμερα, οι δύο επικρατέστερες και πιο διαδεδομένες μορφές διαλειτουργικών αρχείων είναι τα IFC (Industry Foundation Classes) και gbXML (Green Building Extensible Markup Language). Και οι δύο μορφές αρχείων αποτελούν μία κοινή γλώσσα για τη μεταφορά κτηριακών πληροφοριών. Οι αποθηκευμένες πληροφορίες σε ένα μοντέλο BIM λοιπόν, εξάγονται από αυτό σε μία μορφή "αναλυτικών" πληροφοριών. Η μεταφορά δεδομένων από το Revit στο DesignBuilder μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω αρχείου gbXML. Η βασική δομή του gbXML αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

1_Rooms: Η βάση του αρχείου gbXML. Η δομή, η τοποθεσία και οι ιδιότητές τους πρέπει να είναι καθορισμένες, καθώς όλες οι άλλες πληροφορίες είναι συνδεδεμένες με αυτά τα στοιχεία. Μόνο οι πιο σημαντικοί χώροι οι οποίοι αντιστοιχούν σε θερμικές ζώνες του κτηριακού μοντέλου πρέπει να χαρακτηρίζονται ως "rooms". Άλλοι μικρότεροι χώροι δευτερεύουσας σημασίας όπως κλιμακοστάσια, ανελκυστήρες, αποθηκευτικοί χώροι, κ.α., ομαδοποιούνται. Τα rooms πρέπει να είναι πλήρως οριοθετημένα έχοντας όλες τις πληροφορίες για το ύψος και τις γενικότερες διαστάσεις τους.

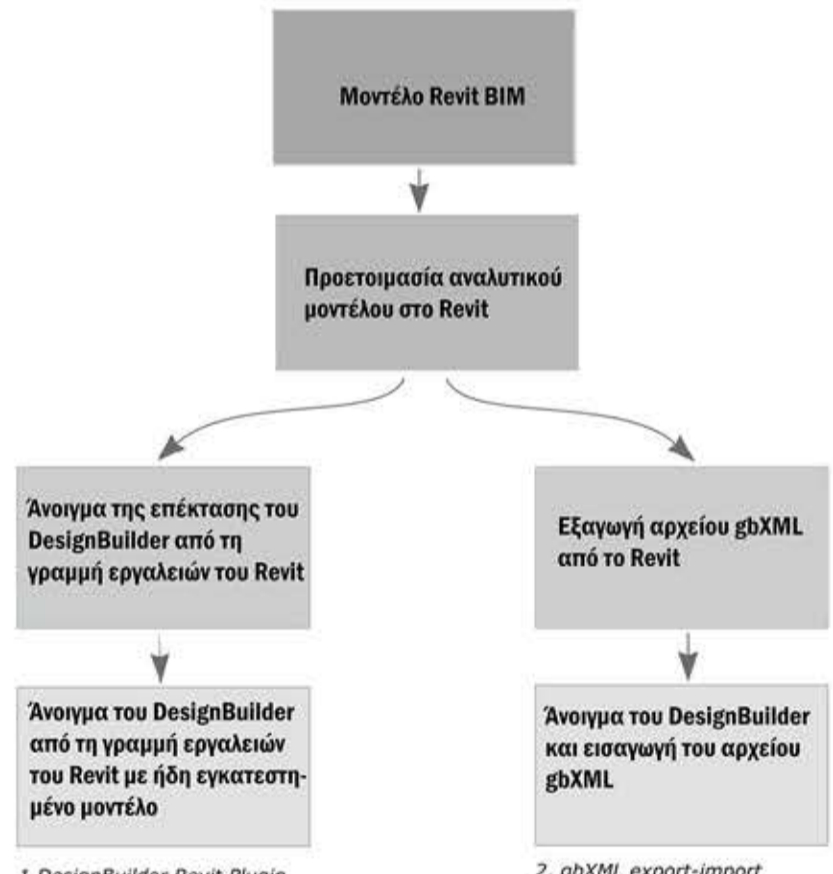
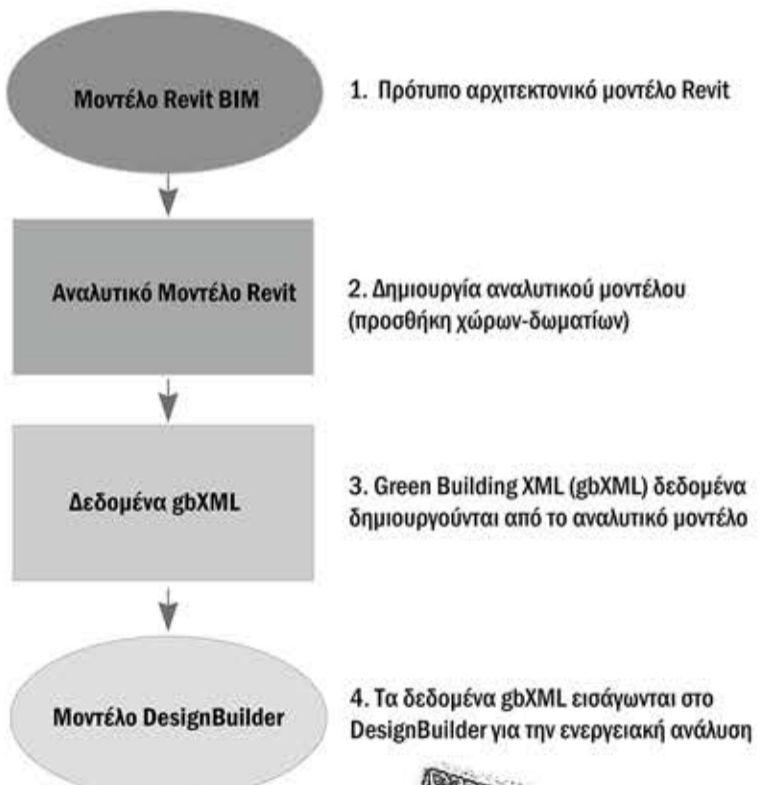
2_Analytical surfaces (floors, walls, roofs): τα δομικά αυτά στοιχεία πρέπει επίσης να είναι οριοθετημένα και διαστασιολογημένα

3_Openings: τα παράθυρα και οι φεγγίτες πρέπει να ορισθούν μαζί με τις τεχνικές τους λεπτομέρειες και ιδιότητες (π.χ.υλικά, διαστάσεις, U-value)

4_Shading surfaces: οι επιφάνειες σκιασμού αντιμετωπίζονται ως analytical surfaces και εξάγονται ως απλές επιφάνειες



Revit → DesignBuilder



Διάγραμμα μετάβασης από το Revit στο DesignBuilder

1. DesignBuilder Revit Plugin

Εξαγωγή μοντέλων Revit στο DesignBuilder

1. Η προετοιμασία του αναλυτικού μοντέλου Revit είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις
2. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν τον ίδιο τρόπο εξαγωγής του αρχείου gbXML από το Revit
3. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν τον ίδιο τρόπο εισαγωγής του αρχείου gbXML στο DesignBuilder

προετοιμασία ενεργειακού μοντέλου

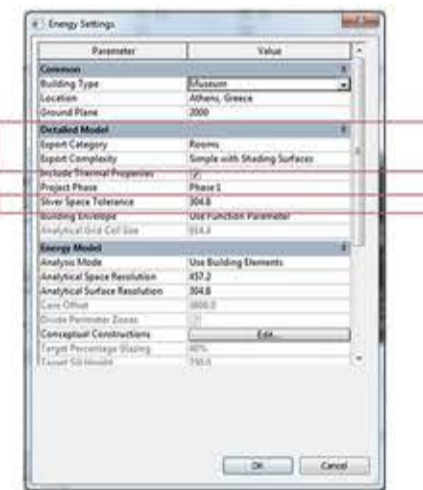
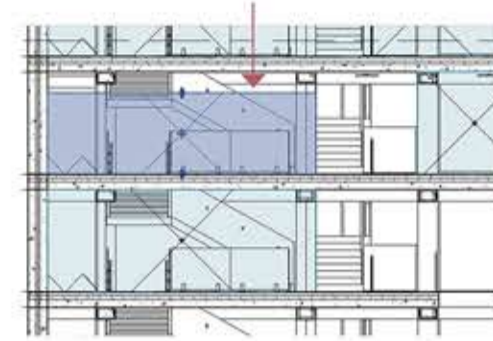
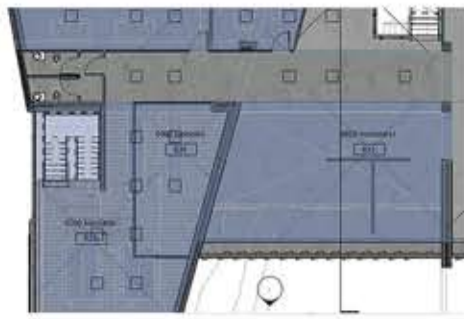
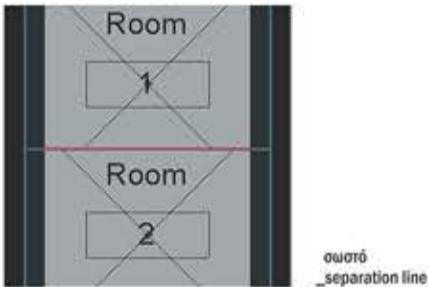
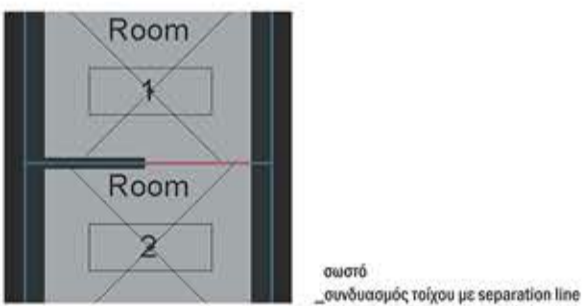
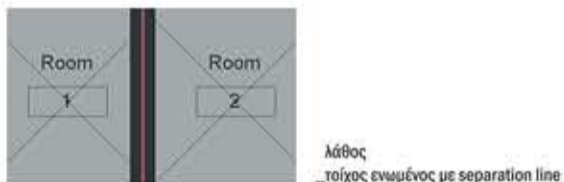
Η προετοιμασία του αναλυτικού μοντέλου Revit είναι πολύ σημαντική για την επιτυχία της διαδικασίας μετάβασης. Το αναλυτικό μοντέλο βασίζεται πάνω στον ορισμό των rooms. Κάθε αρχείο gbXML που δημιουργείται βασίζεται αποκλειστικά στο αναλυτικό μοντέλο, και όχι στο υποκείμενο αρχιτεκτονικό μοντέλο Revit. Είναι επίσης δυνατό να γίνουν τροποποιήσεις και αλλαγές μόνο στο αναλυτικό μοντέλο χωρίς να αλλάξει το αρχικό αρχιτεκτονικό.

καθορισμός θερμικών ζωνών

Οι θερμικές ζώνες ενός κτηρίου είναι οι χώροι οι οποίοι είναι κλιματιζόμενοι. Οι πληροφορίες για τις θερμικές ζώνες, οι οποίες μπορεί να σχετίζονται με τον όγκο, τη γεωμετρία και την οριοθέτηση των χώρων, αντλούνται από τα rooms. Για να χαρακτηριστεί μια ενεργειακή ανάλυση επιτυχημένη, πρέπει όλοι οι χώροι του κτηριακού μοντέλου να έχουν καθορισθεί ως room, και ολόκληρος ο όγκος του κτηρίου να έχει συμπεριληφθεί. Ο μηχανισμός εισαγωγής gbXML του DesignBuilder στη συνέχεια αναγνωρίζει και μετατρέπει τα rooms σε block και zones. Άλλα δομικά στοιχεία όπως ανοίγματα, κουφώματα και επιφανείες σκιασμού δημιουργούνται αυτόματα.

επιγραμματική επισκόπηση διαδικασίας

- 1_ ενεργοποίηση της επιλογής "Areas and Volumes"
- 2_ ελέγχουμε ποιά δομικά στοιχεία είναι "room bounding" και ποιά "non-room bounding"
- 3_ προσδιορισμός όλων των χώρων ως "rooms", είτε τον καθένα ξεχωριστά, είτε ομαδοποιούμε κάποιους χώρους
- 4_ ελέγχουμε τα όρια των rooms τόσο στις κατόψεις όσο και στις τομές του κτηρίου κοτώντας τα "Limits"
- 5_ αφαιρούμε όλα τις μη χρήσιμες γραμμές "room separation lines" με τις οποίες είχαμε χωρίσει τους χώρους σε δωμάτια
- 6_ βεβαιώνουμε ότι δύο ή περισσότεροι τοίχοι με την ιδιότητα "room bounding" δεν βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους, το ίδιο κάνουμε και με τις πλάκες
- 7_ επίλυση πιθανών προειδοποιήσεων (warnings) για αλληλοκαλυπτόμενα rooms
- 8_ χρησιμοποιούμε την εντολή "Automatically embed" για την τοποθέτηση των υαλοστασίων (curtain walls), χωρίς να κόβουμε τους τοίχους



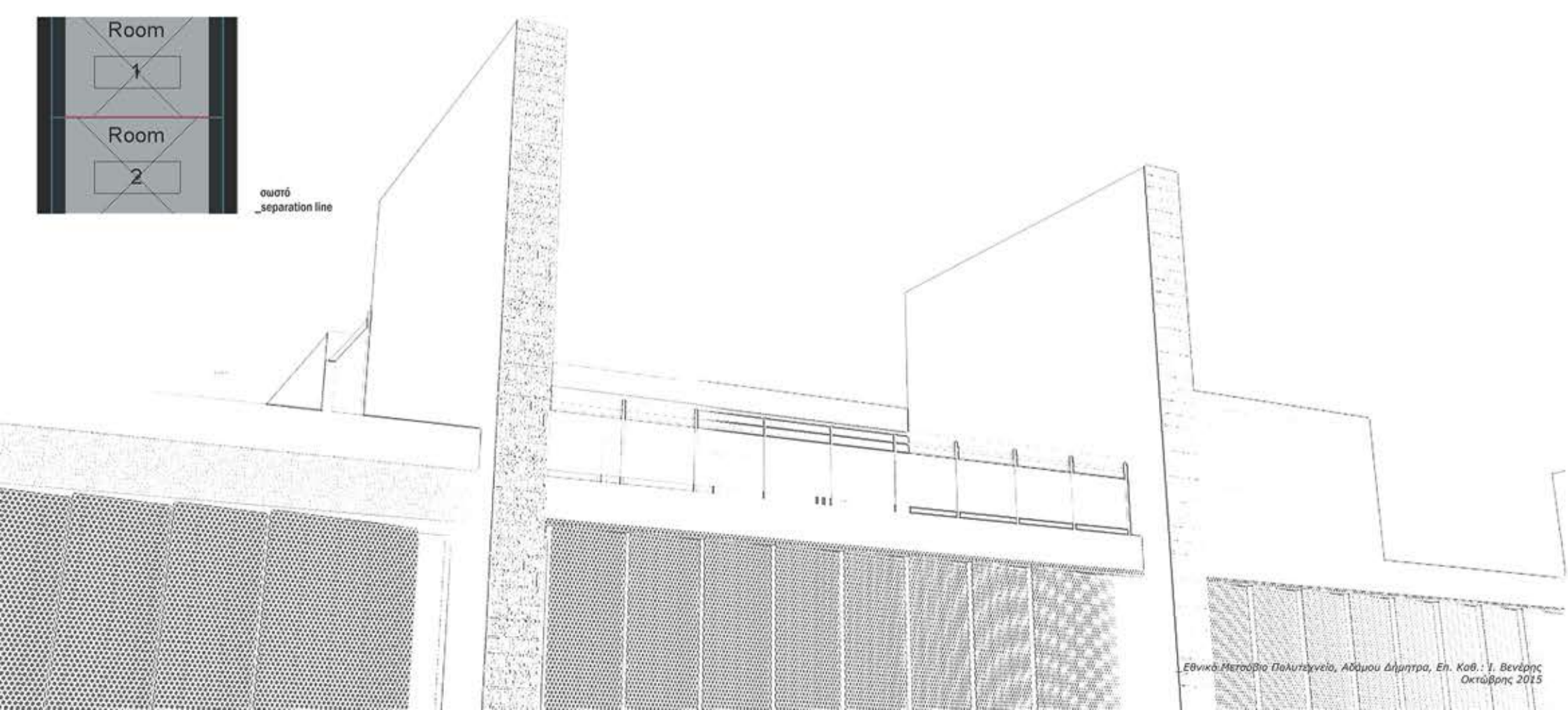
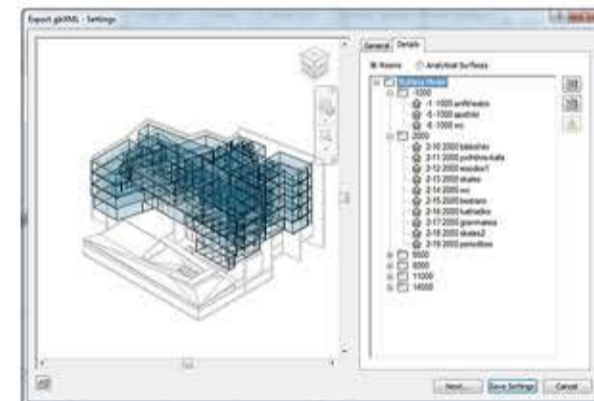
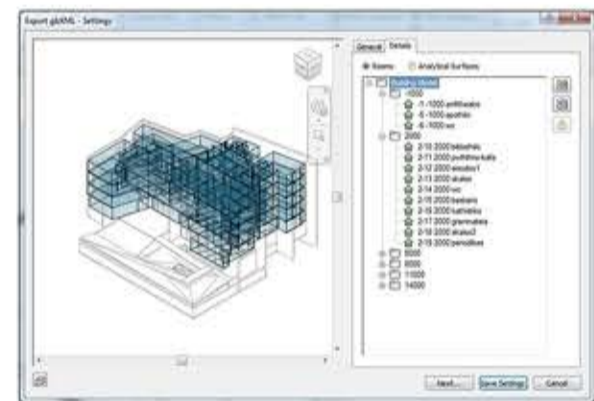
ρυθμίσεις ενεργειακού μοντέλου

Οι ρυθμίσεις είναι διαθύσιμες έτσι ώστε να εύκολα να μπορούμε να καθορίσουμε τις διάφορες ενεργειακές παραμέτρους του αρχείου gbXML. Κάνοντας κλικ στο Manage Tab>S ettings Panel>Project Information>Edit του Energy Settings μπορούμε να ρυθμίσουμε αυτές τις παραμέτρους. Στον πίνακα της εικ. 4, στην κατηγορία Detailed Model, μόνο οι υποκατηγορίες Export Category, Export Complexity και Silver Space Tolerance επηρεάζουν το μοντέλο DesignBuilder. Όταν καθορισθούν οι θερμικές ζώνες, το κτηριακό μοντέλο είναι έτοιμο να εξαχθεί για την ενεργειακή ανάλυση. Οι εικ. 5 και εικ. 6 δείχνουν το παράθυρο που προκύπτει μόλις κάνουμε Export>gbXML, με κάποιες συμπληρωματικές ρυθμίσεις. Η άλλη επιλογή όπως ήδη έχει αναφερθεί, είναι μέσω του DesignBuilder PlugIn της γραμμής εργασιών, όπως φαίνεται στην εικ. 7. Η επιλογή αυτή επιτρέπει την άμεση και απευθείας εξαγωγή του μοντέλου Revit στο Design Builder.

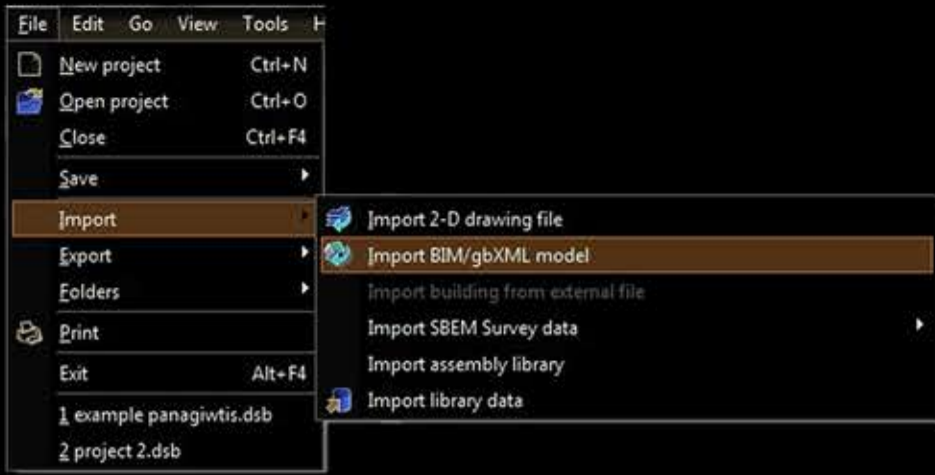


έλεγχος θερμικών ζωνών

Καθώς οι θερμικές ζώνες είναι ουσιαστικά όγκοι, πρέπει να ελέγχονται και στις τρεις διαστάσεις. Στην εικ.3 φαίνεται πως ο χώρος δεν έχει οριοθετηθεί σωστά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το Revit υπολογίζει τον όγκο ενός room έως ένα καθορισμένο ύψος το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι χαμηλότερο από το ύψος του ορόφου. Μπορούμε να επεξεργαστούμε το θερμικό όριο και να το φέρουμε στο σωστό ύψος αλλάζοντας το Upper Limit της συγκεκριμένης ζώνης από το Room Properties box. Ο υπολογισμός του όγκου ενός χώρου βασίζεται στα room bounding elements τα οποία εμείς έχουμε ορίσει, και στις περισσότερες περιπτώσεις αυτά τα στοιχεία είναι οι τοίχοι και οι πλάκες του κτηρίου. Από προσπλοή, το Revit δεν υπολογίζει τον όγκο ενός room (volume). Για το λόγο αυτό, πρέπει να ενεργοποιήσουμε την επιλογή Areas and Volumes στο Computation Tab του Area and Volume Computations dialog πριν την εξαγωγή του gbXML, όπως φαίνεται στην εικ.2.



DesignBuilder Import



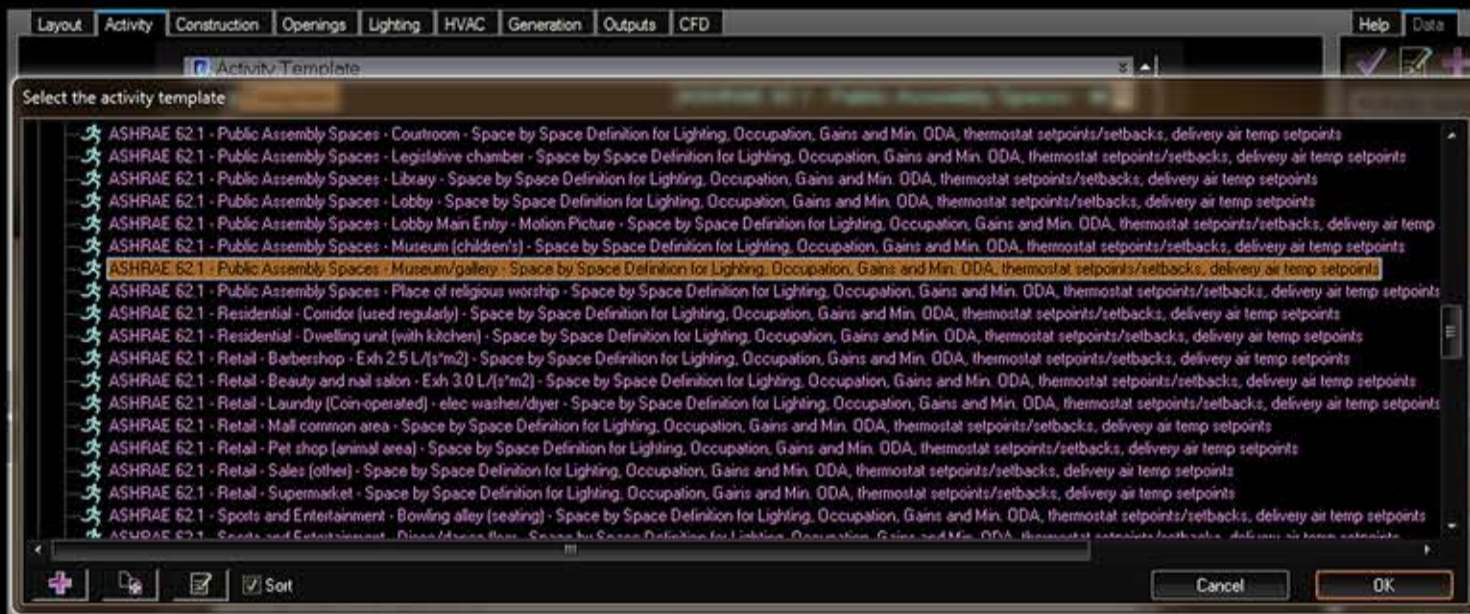
1_Import

Το DesignBuilder, όπως ήδη έχει αναφερθεί, επιτρέπει την εισαγωγή αρχείων gbXML. Κατά την εισαγωγή, το πρόγραμμα χρησιμοποιεί building blocks έτσι ώστε να οργανώσει τα διάφορα επίπεδα ενός κτηρίου(levels). Κάθε block αποτελείται από τις θερμικές ζώνες(thermal zones) και τα δομικά στοιχεία (building elements), όπως walls, windows, τα οποία εμείς έχουμε προκαθορίσει και οργανώσει στην κάθε ζώνη.



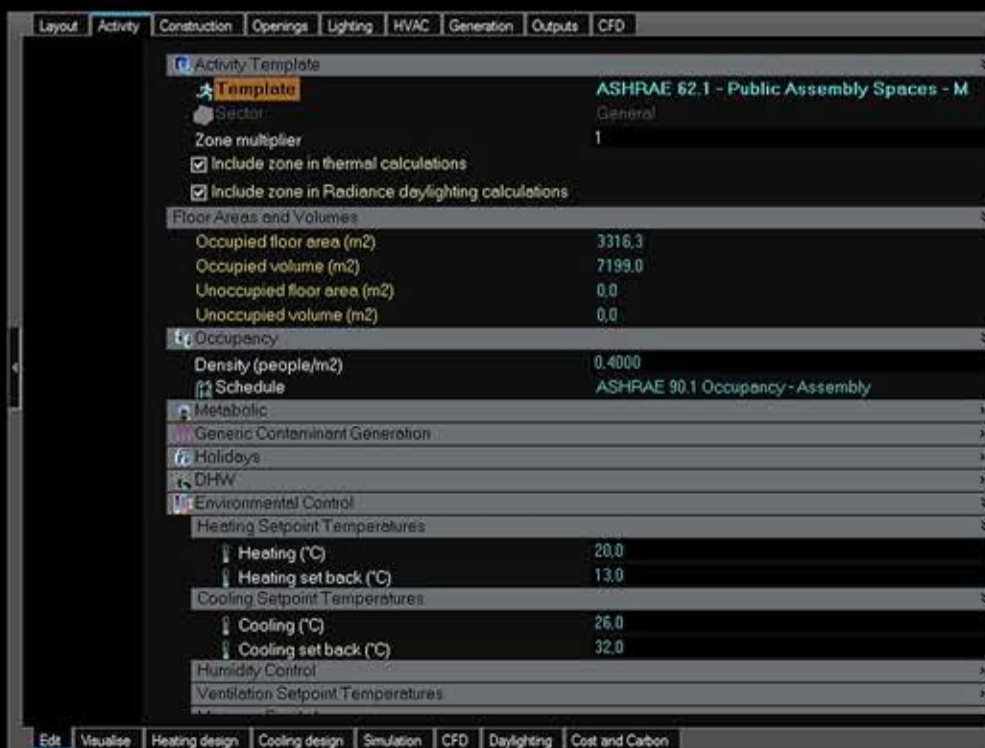
2_Location

Το DesignBuilder διαθέτει περιορισμένο αριθμό τοποθεσιών ανά χώρα. Για το λόγο αυτό, ως τοποθεσία του κτηρίου επιλέχθηκε το Ελληνικό.

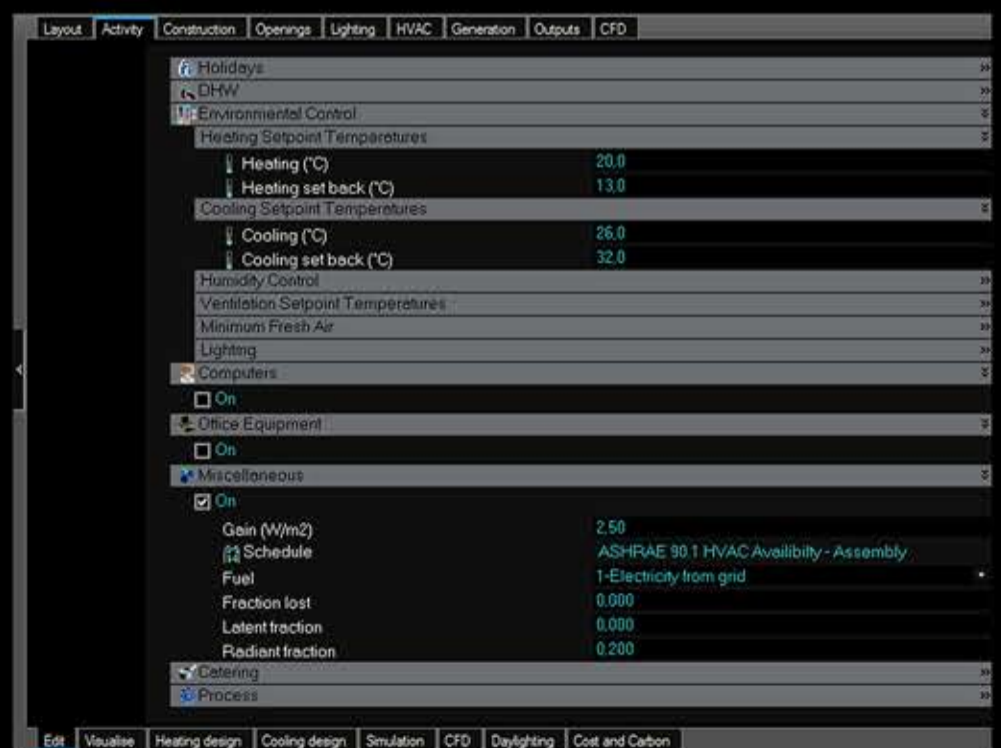


3_Activity

Για το κτήριο μας επιλέχθηκε το πρότυπο ASHRAE 62.1:Public Assembly Spaces-Museum/Gallery. Η κατηγορία Activity περιλαμβάνει πληροφορίες για το συνολικό εμβαδόν του κτηρίου, τον όγκο του, την επισκεψιμότητα-πληρότητά του, για το σύστημα εξαερισμού, για το πρόγραμμα λειτουργίας του καθώς επίσης και για τον εξοπλισμό του.



_Activity template



_Activity template

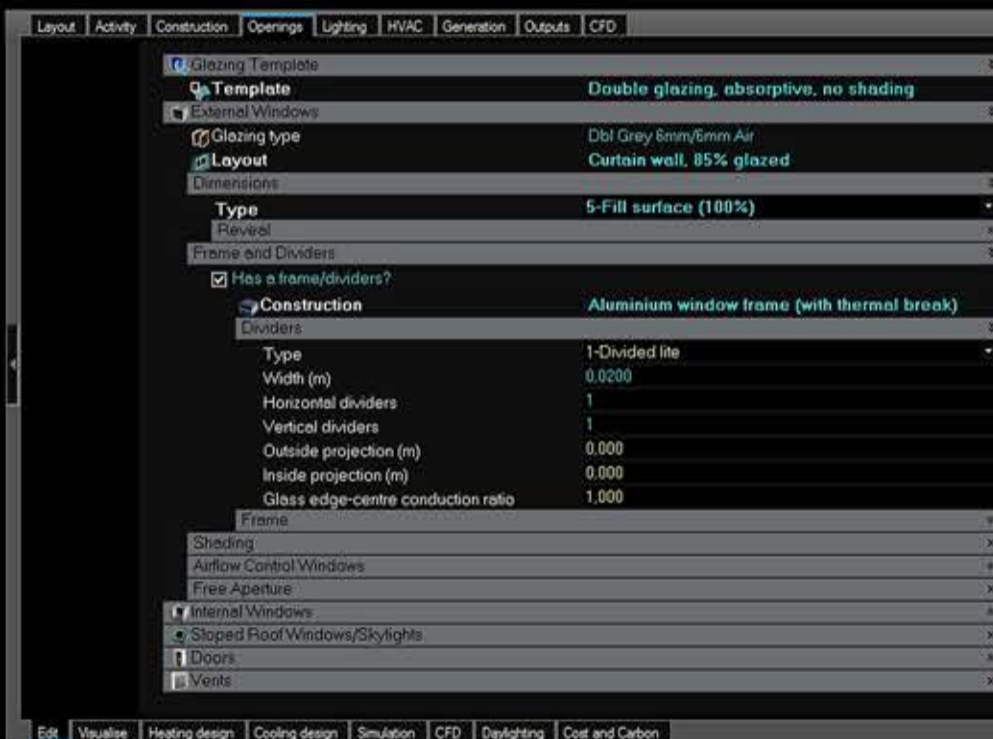
DesignBuilder Import



_Construction template



_Construction template



_Openings template



_Openings template

4_Construction

Αυτή η παράμετρος καθορίζει όλες τις κατασκευαστικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων, οι οποίες και υπαγορεύουν τη θερμική συμπεριφορά τόσο των εσωτερικών όσο και των εξωτερικών επιφανειών του κτηρίου. Η θερμική αυτή συμπεριφορά έχει σημαντική επίδραση στις εσωτερικές συνθήκες άνεσης, καθώς και στα φορτία θέρμανσης και ψύξης.

5_Openings

Ο όρος openings στο Design Builer χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα ανοίγματα στην κύρια εξωτερική επιφάνεια του κτηρίου, όπως παράθυρα, πόρτες, αεραγωγούς. Μπορούμε επίσης να εισάγουμε τις απαιτούμενες διαστάσεις των υαλοστασίων, καθώς και τα υλικά των κουφωμάτων.

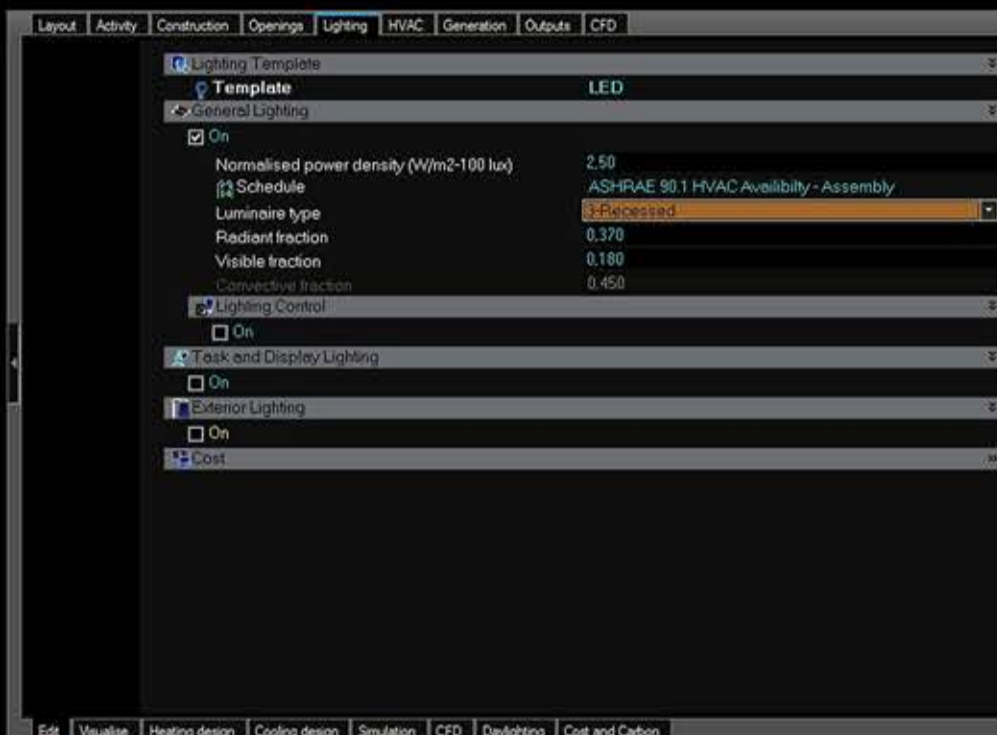
DesignBuilder Import



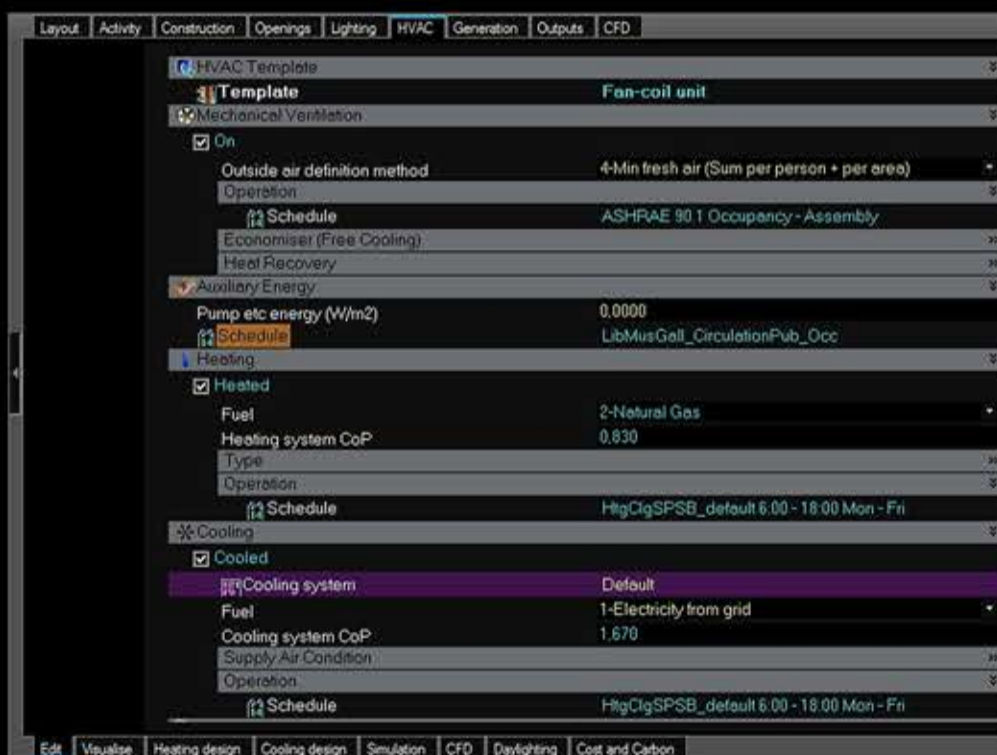
6_Lighting

Οι πληροφορίες που εισάγονται σε αυτή την κατηγορία καλύπτουν την ενεργειακή απόδοση του φωτισμού και τη συνακόλουθη ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και το αντίστοιχο αντίκτυπο του φωτισμού στα θερμικά κτηριακά κέρδη.

_Lighting template



_Lighting template



_HVAC template

7_HVAC

Ο πίνακας της κατηγορίας HVAC περιλαμβάνει πληροφορίες για το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού, του συστήματος θέρμανσης και ψύξης, και των παραμέτρων του ζεστού νερού. Αυτές οι πληροφορίες καθορίζουν την κατανάλωση της ενέργειας του συστήματος HVAC.



_HVAC template

Green Building Studio

Το Green Building Studio είναι ένα εύκολο λογισμικό για την πραγματοποίηση ενεργειακών αναλύσεων, παρέχοντας αρκετά ακριβή αποτελέσματα. Σκοπός του είναι να δώσει μια πρώτη εικόνα σχετικά με τη χρήση της ενέργειας και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Για την πραγματοποίηση μιας ενεργειακής ανάλυσης στο GBS χρειάζεται να εισαχθούν οι εξής πληροφορίες:

- 1_η ονομασία του project που δουλεύουμε
- 2_ο τύπος του κτηρίου
- 3_το πρόγραμμα λειτουργίας του κτηρίου
- 4_η τοποθεσία του κτηρίου (από Google Maps)

Ο υπολογισμός των εκπομπών CO₂ βασίζεται στις πηγές και τη χρήση των τοπικών καυσίμων. Τα καιρικά δεδομένα πηγάζουν από την τοποθεσία που έχουμε ορίσει. Τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης περιέχουν πίνακες και διαγράμματα με τις εξής πληροφορίες:

- 1_Building Performance Factors
- 2_Energy Use Intensity (EUI): μονάδα μέτρησης που περιγράφει τη χρήση της ενέργειας ενός κτηρίου, αντιπροσωπεύει την ενέργεια που καταναλώνεται από ένα κτήριο σε σχέση με το μέγεθός του
- 3_Life Cycle Energy Use/Cost
- 4_Renewable Energy Potential
- 5_Annual Carbon Emissions
- 6_Annual Energy Use/Cost
- 7_Energy Use: Fuel/Electricity: πληροφορίες για την εκτιμώμενη χρήση ενέργειας και κατανάλωσης καυσίμων
- 8_Monthly Heating/Cooling Loads
- 9_Monthly Fuel/Electricity Consumption
- 10_Monthly Peak Demand
- 11_Annual/Monthly Wind Roses(Speed/Frequency Distribution)
- 12_Weather Data: το GBS περιλαμβάνει πάνω από 1,5 εκατομμύριο μετεωρολογικούς σταθμούς από τους οποίους μπορούμε να επιλέξουμε τον κατάλληλο για την ανάλυσή μας

Parameter	Value
Common	
Building Type	Museum
Location	Athens, Greece
Ground Plane	2000
Detailed Model	
Export Category	Rooms
Export Complexity	Simple with Shading Surfaces
Include Thermal Properties	<input checked="" type="checkbox"/>
Project Phase	Phase 1
Sliver Space Tolerance	304.8
Building Envelope	Use Function Parameter
Analytical Grid Cell Size	914.4
Energy Model	
Analysis Mode	Use Building Elements
Analytical Space Resolution	457.2
Analytical Surface Resolution	304.8
Core Offset	3600.0
Divide Perimeter Zones	<input checked="" type="checkbox"/>
Conceptual Constructions	<input type="text"/> Edit...
Target Percentage Glazing	40%

_energy settings

Βασικά χαρακτηριστικά

- 1_Whole Building Energy Analysis
- 2_Detailed Weather Data
- 3_Energy Star and LEED support
- 4_Carbon Emissions reporting*
- 5_Daylighting
- 6_Water Usage and Cost: εκτιμώμενη χρήση νερού βάσει του αριθμού των χρηστών και του τύπου ενός κτηρίου
- 7_Natural Ventilation Potential: προσεγγιστικός υπολογισμός των ετήσιων ωρών λειτουργίας ενός κτηρίου και της απαιτούμενης ενέργειας για τον εξαερισμό του, δυνατότητες χρήσης φυσικού αερισμού για εξοικονόμηση ενέργειας
- 8_Photovoltaic Potential: η διαδικτυακή υπηρεσία του GBS αναλύει αυτόματα όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένων των δωματίων, των τοίχων και των ανοιγμάτων, εξετάζοντας τη δυνατότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών, τόσο σε οριζόντιες όσο και σε κάθετες επιφάνειες

*Getting to Carbon Neutral:
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το GBS μας παρέχει πληροφορίες για την κατασκευή αποδοτικών κτηρίων. Ένας τρόπος για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι να σχεδιαστεί ένα κτήριο έχοντας μηδενικό ισοζύγιο άνθρακα, μέσω της εξισορρόπησης της ποσότητας άνθρακα που απελευθερώνεται, με μία ισοδύναμη ποσότητα που απορροφάται.

Για την επίτευξη ενός ουδέτερου ενεργειακού κτηρίου, θα πρέπει να ορίσουμε τις θερμικές ιδιότητες των δομικών μας στοιχείων.

Family:	Basic Wall
Type:	teixia 50cm
Total thickness:	500.0
Resistance (R):	3.5729 (m ² ·K)/W
Thermal Mass:	56.44 kJ/K

Layers				
EXTERIOR SIDE				
Function	Material	Thickness	Wraps	Struct
1	Finish 1 [4]	Concrete - C	200.0	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Thermal/Air	Air Barrier -	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Thermal/Air	Insulation /	50.0	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Core Boundary Layers Above			
5	Structure [1]	Concrete - C	200.0	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Core Boundary Layers Below			

Identity Graphics Appearance Physical **Thermal**

0 Concrete(1)

Information

Properties

Transmits Light

Behavior Isotropic

Thermal...ctivity 1,0460 W/(m·K)

Specific Heat 0,6570 J/(g·°C)

Density 2,300,00 kg/m³

Emissivity 0,95

Permeability 182,4000 ng/(Pa·s·m²)

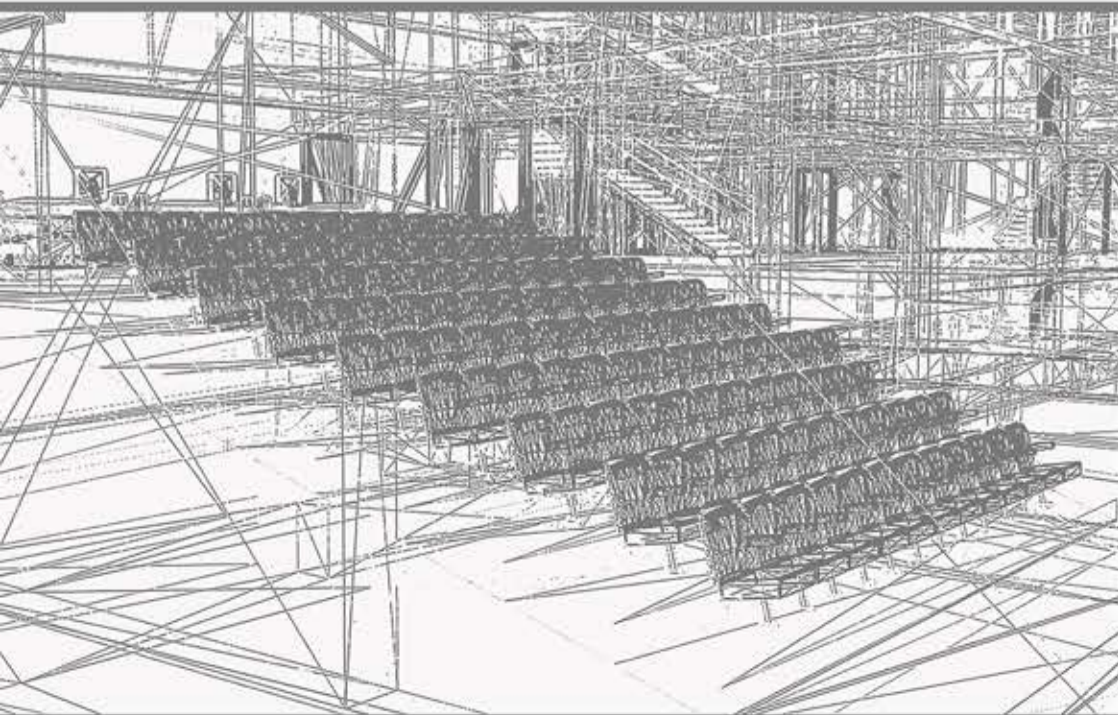
Porosity 0,01

Reflectivity 0,00

Electric...istivity 2,000,000,0000 Ω·m

_thermal properties

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι το Green Building Studio είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς και απόδοσης ενός κτηρίου, παρέχοντας περαιτέρω πληροφορίες για πιθανές λειτουργικές βελτιώσεις σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και κόστους.



ενεργειακή ανάλυση, revit

Building Performance Factors

location	37.9785499572754,23.7312469482422
weather station	179572
outdoor temperature	max: 40° C/min: -1° C
floor area	956 m ²
exterior wall area	884 m ²
average lighting power	11,41 W/m ²
people	211 people
exterior window ratio	0,85
electrical cost	\$0,11/kWh
fuel cost	\$1,11/Therm

καθορίζονται από τον τύπο του κτηρίου που ορίσατε στο παράθυρο του energy settings

βασίζονται στην τοποθεσία που ορίσατε

Energy Use Intensity

μονάδα μέτρησης που περιγράφει τη χρήση της ενέργειας ενός κτηρίου, αντιπροσωπεύει την ενέργεια που καταναλώνεται από ένα κτήριο σε σχέση με το μέγεθός του

electricity EUI	306 kWh/m ² /yr
fuel EUI	202 MJ/m ² /yr (1 kWh=3,6 MJ)
total EUI	1,305 MJ/m ² /yr

Life Cycle Energy Use/Cost

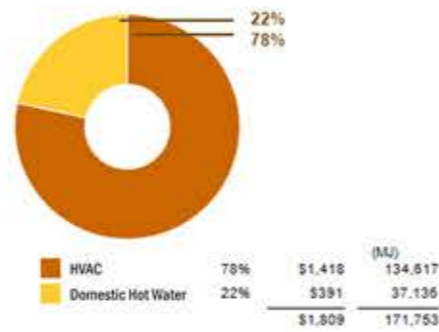
life cycle electricity use	7,835,466 kWh
life cycle fuel use	5,152,623 MJ
life cycle energy cost	\$429,825

Renewable Energy Potential

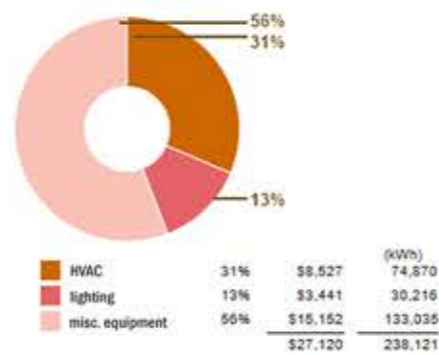
roof mounted PV system(low efficiency)	28,684 kWh/yr
roof mounted PV system(medium efficiency)	57,367 kWh/yr
roof mounted PV system(high efficiency)	86,051 kWh/yr
single 15' wind turbine potential	1,042 kWh/yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%,10% and 15% for low,medium and high efficiency systems

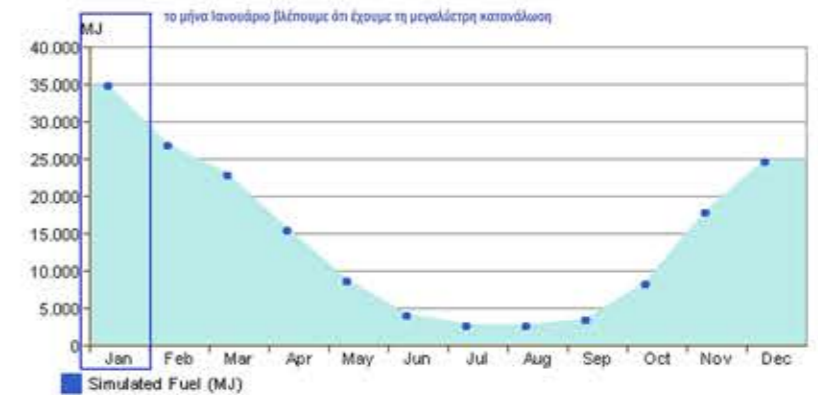
Energy Use:Fuel



Energy Use:Electricity

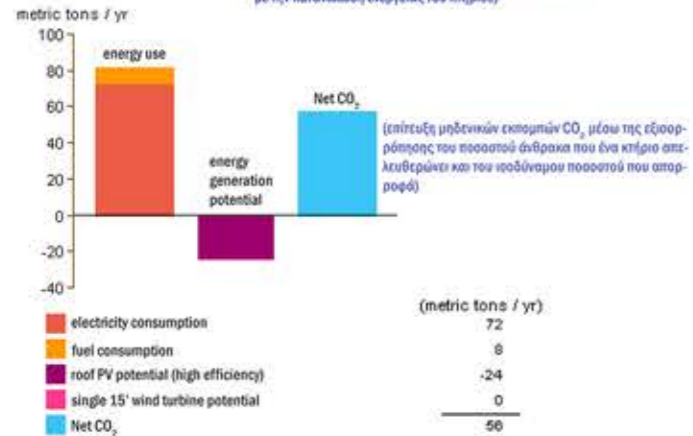


Monthly Fuel Consumption

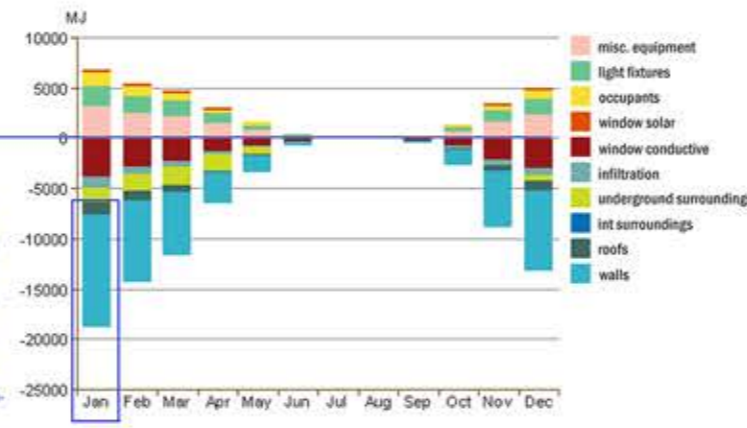


Annual Carbon Emissions

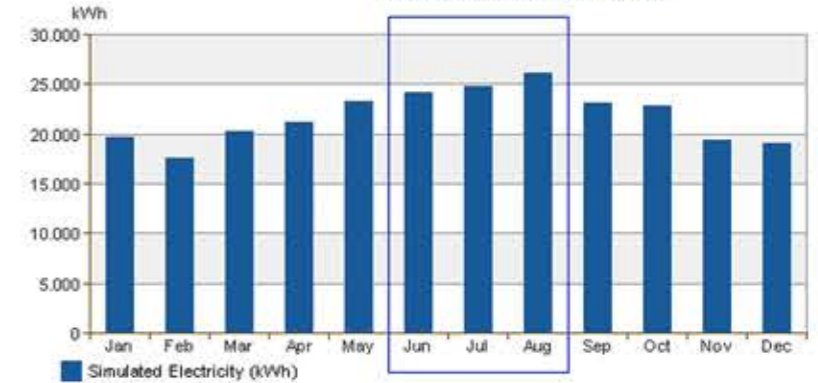
(μέτρηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου)



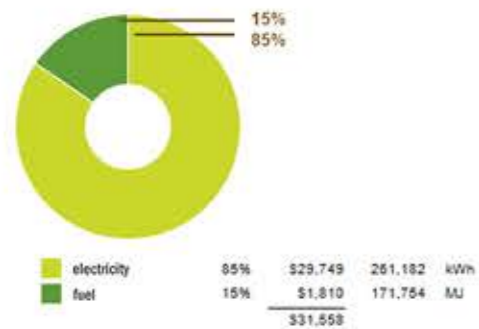
Monthly Heating Load



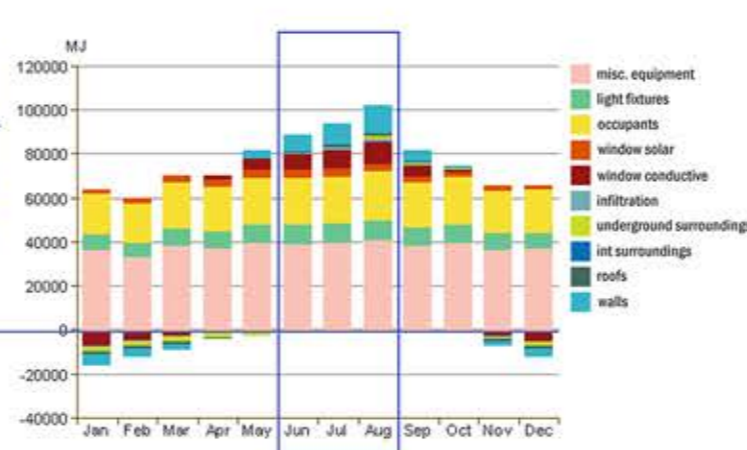
Monthly Electricity Consumption



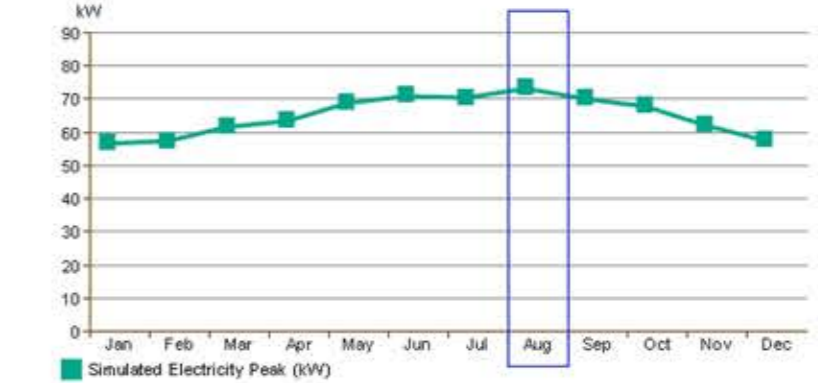
Annual Energy Use/Cost



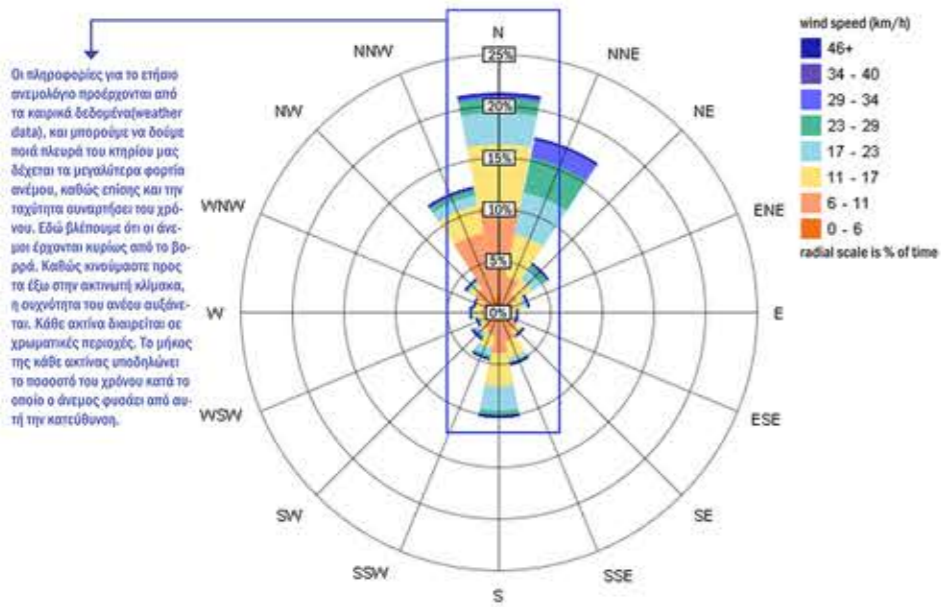
Monthly Cooling Load



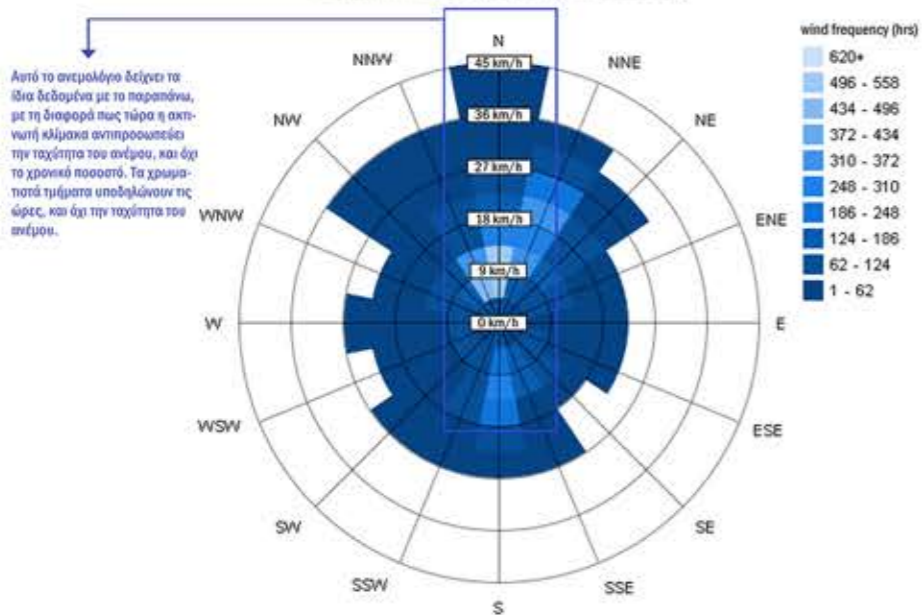
Monthly Peak Demand



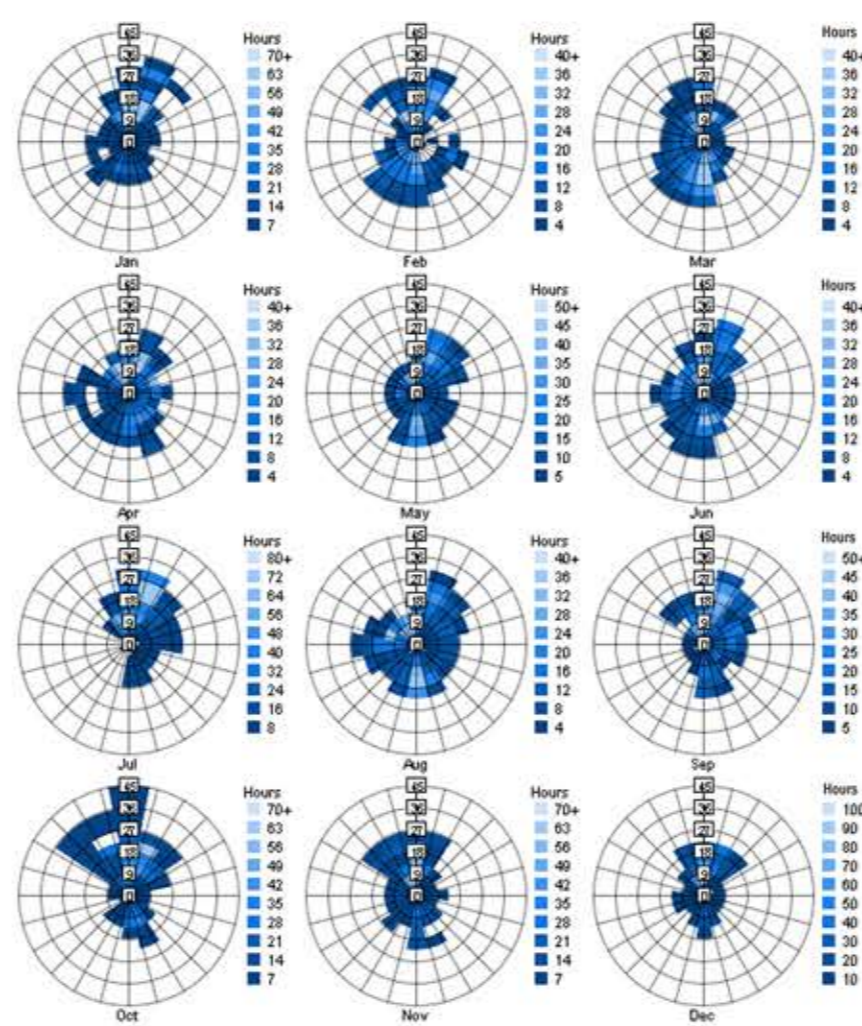
Annual Wind Rose (Speed Distribution)



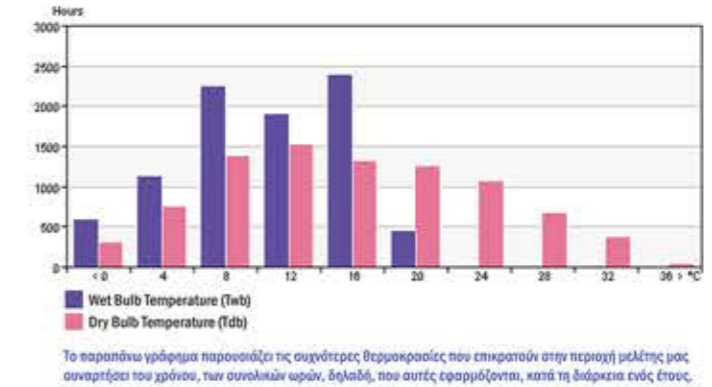
Annual Wind Rose (Frequency Distribution)



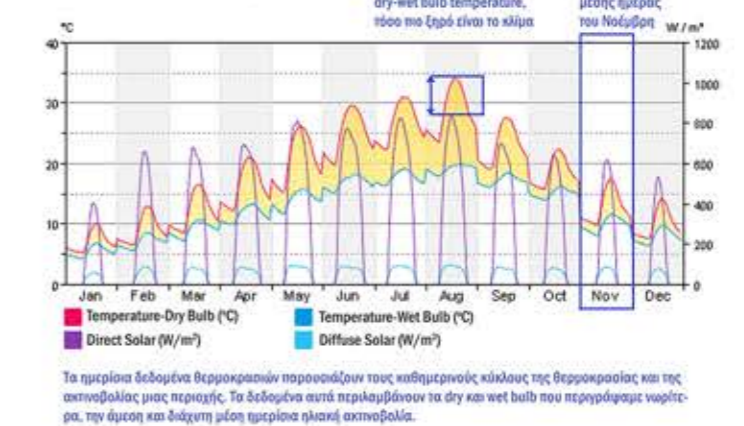
Monthly Wind Roses



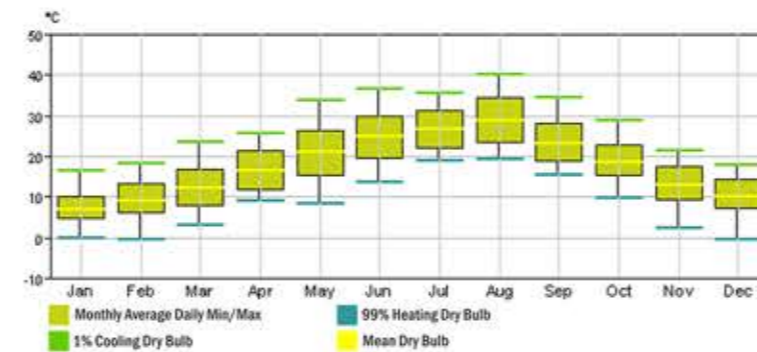
Annual Temperature Bins



Diurnal Weather Averages



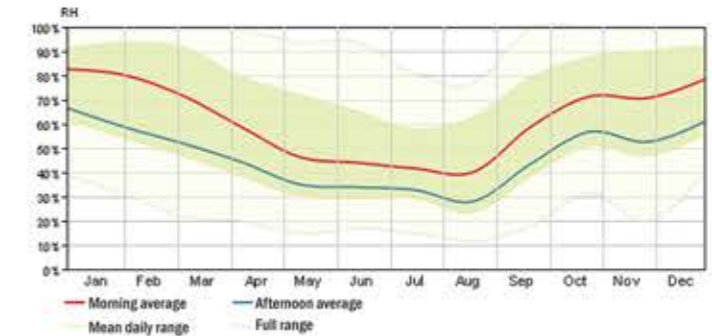
Monthly Design Data



Το παραπάνω γράφημα παρουσιάζει τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, αλλά και δύο ακόμη επίπεδα ακραίων καιρικών συνθηκών. Τα μπλέ κουτιά δείχνουν το μέσο όρο των χαμηλότερων και υψηλότερων μηνιαίων θερμοκρασιών. Η επέκταση πάνω από τις μέσες θερμοκρασίες είναι οι ακραίες θερμοκρασίες που καταγράφονται μόνο κατά το 1% του χρόνου.

*Dry Bulb Temperature: η θερμοκρασία του αέρα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η υγρασία, μετράται σε Celsius, Kelvin, Fahrenheit
 *Wet Bulb Temperature: η θερμοκρασία του αέρα η οποία λαμβάνει υπόψη τον φαινόμενο ψύξης και εξάτμισης, μετράται επίσης σε Celsius, Kelvin, Fahrenheit
 Moisture Dry Bulb και Wet Bulb Temperature περιγράφουν την υγρασία (Humidity)

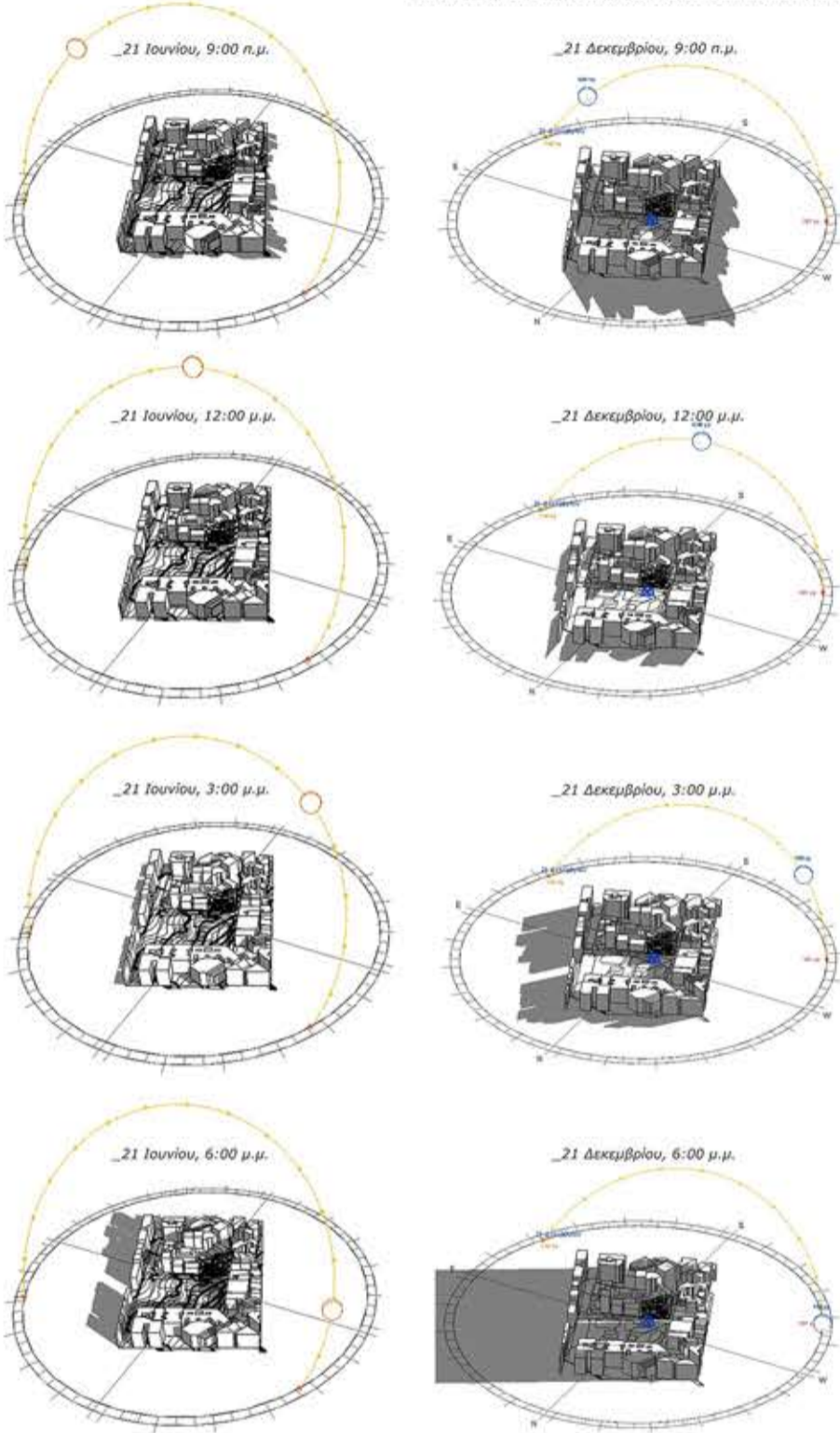
Humidity



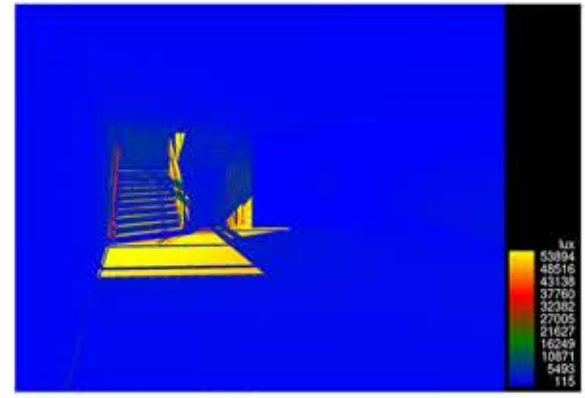
αξιολόγηση φυσικού φωτισμού

Μέσω της αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού μπορούμε να εκτιμήσουμε εάν οι χώροι ενός κτηρίου είναι σωστά σχεδιασμένοι, κατά πόσο, δηλαδή, αυτοί οι χώροι μπορούν να βασιστούν στο φυσικό φωτισμό, με σκοπό τη μείωση της χρήσης του τεχνητού φωτισμού. Σημαντικός παράγοντας της αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού είναι η αναλογία εσωτερικού-εξωτερικού επιπέδου φωτισμού καθορισμένων χώρων του κτηρίου σε επίσης καθορισμένο χρόνο. Στους χώρους αυτούς τοποθετούνται σημεία αισθητήρων, συνήθως στο επίπεδο της επιφάνειας εργασίας (περίπου στα 850 mm).

Η απόδοση του φυσικού φωτισμού καθορίζεται βάσει διαφόρων σχεδιαστικών κριτηρίων, όπως το αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα, η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος κατασκευής κ.α. Για το λόγο αυτό, μπορούμε να πούμε πως οι σχεδιαστές επικεντρώνονται είτε στον αρχιτεκτονικό ορισμό της ανάλυσης του φωτισμού, στην αλληλεπίδραση, δηλαδή, του ηλιακού φωτός με τη μορφή του κτηρίου, έτσι ώστε να δημιουργηθούν παραγωγικοί και οπτικά τονωτικοί εσωτερικοί χώροι, είτε στο ζήτημα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου, στο σωστό προσανατολισμό, δηλαδή, και τη σωστή χρήση αποδοτικών υαλοπετασμάτων με σκοπό τη μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας και την ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους.



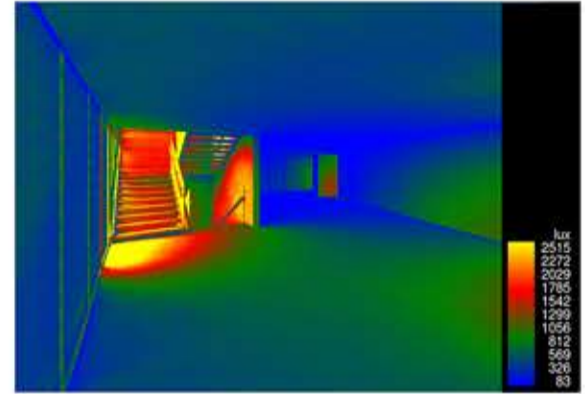
_21 Ιουνίου, 9:00 π.μ., βιβλιοθήκη +5,00



_21 Ιουνίου, 9:00 π.μ., βιβλιοθήκη +5,00



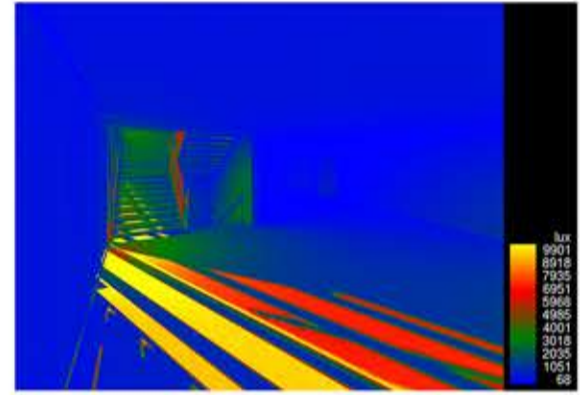
_21 Ιουνίου, 12:00 μ.μ., βιβλιοθήκη +5,00



_21 Ιουνίου, 12:00 μ.μ., βιβλιοθήκη +5,00



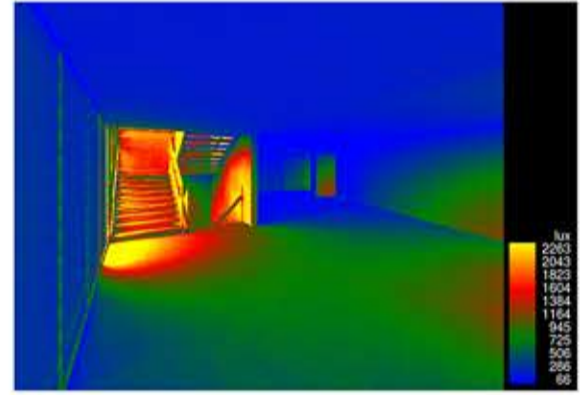
_21 Δεκεμβρίου, 9:00 π.μ., βιβλιοθήκη +5,00



_21 Δεκεμβρίου, 9:00 π.μ., βιβλιοθήκη +5,00



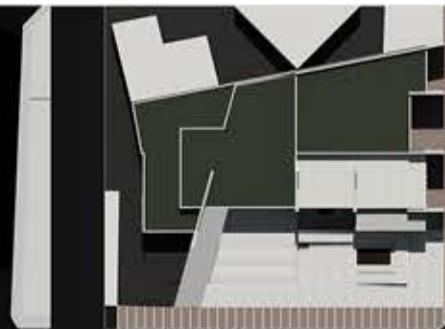
_21 Δεκεμβρίου, 12:00 μ.μ., βιβλιοθήκη +5,00



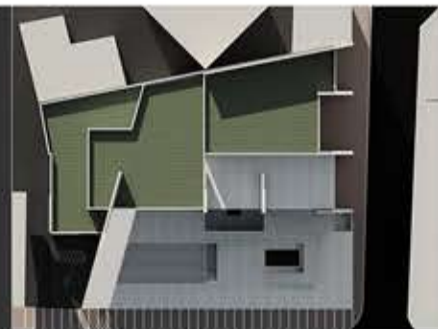
_21 Δεκεμβρίου, 12:00 μ.μ., βιβλιοθήκη +5,00



_21 Ιουνίου, 9:00 π.μ.



_21 Ιουνίου, 12:00 μ.μ.



_21 Δεκεμβρίου, 9:00 π.μ.



_21 Δεκεμβρίου, 12:00 μ.μ.



_21 Ιουνίου, 9:00 π.μ.



_21 Ιουνίου, 12:00 μ.μ.



_21 Δεκεμβρίου, 9:00 π.μ.



_21 Δεκεμβρίου, 12:00 μ.μ.

ανάλυση τεχνητού φωτισμού

βασικές προϋποθέσεις

Η εκτέλεση ενός ακριβούς υπολογισμού της έντασης του φωτισμού (illuminance) μιας επιφάνειας ή ενός χώρου, απαιτεί τον καθορισμό των παρακάτω παραμέτρων:

- 1_χωρική γεωμετρία (spatial geometry)
- 2_ανάκλαση επιφανειών (surface reflectance)
- 3_φωτομετρία φωτιστικών και συναφείς παράγοντες (luminaire photometry)
- 4_τοποθέτηση φωτιστικών

ένταση φωτισμού (illuminance)

Ο όρος αυτός αναφέρεται στο πόσο φως πέφτει πάνω σε μια επιφάνεια. Μετρώ- ντας την ένταση του φωτός μπορούμε να καθορίσουμε αν οι διάφοροι χώροι ενός κτηρίου είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι για τις διαφορετικές δραστηριότητες που λαμβάνουν μέρος σε αυτό, π.χ. για εργασία, διάβασμα κ.ο.κ. Στο Revit η ένταση του φωτισμού μετρείται σε lux ή σε footcandles (1 footcandle=10,7 lux). Οι εσω- τερικοί χώροι ενός κτηρίου, ανάλογα τη δραστηριότητα, χρειάζονται περίπου από 50 έως 1000 lux.

- 1_20-50 lux : δημόσιοι χώροι με σκοτεινό περιβάλλον (διάδρομοι)
- 2_50-100 lux : χώροι με απλό προσανατολισμό για σύντομες επισκέψεις (αμφιθέατρα)
- 3_100-200 lux : χώροι εργασίας, διαβίωσης, με λίγες ανάγκες φωτισμού (καθιστικά)
- 4_200-500 lux : χώροι εκτέλεσης οπτικών λειτουργιών (ταμεία, δωμάτια προμηθειών)
- 5_500-1000 lux : χώροι εκτέλεσης οπτικών λειτουργιών (εργαστήρια, κουζίνες)
- 6_1000-2000 lux : χώροι εκτέλεσης οπτικών λειτουργιών (αίθουσες επιδείξεων, χειρουργεία)
- 7_2000-5000 lux : χώροι λειτουργιών παρατεταμένης διάρκειας (κατασκευή κοσμημάτων)
- 8_5000-10000 lux : χώροι απαιτητικών λειτουργιών (εργαστήρια συγκόλλησης)

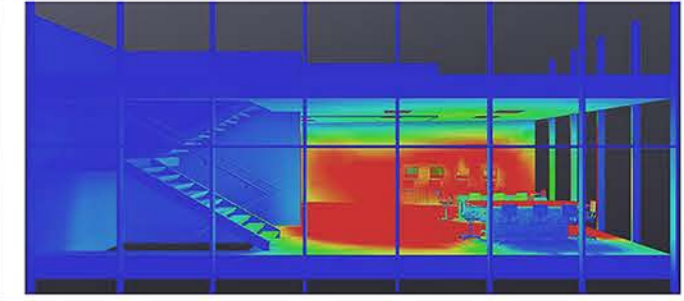
- γενικά:
- 1_λιγότερα από 100 lux είναι ανεπαρκής φωτισμός
 - 2_μεταξύ 100-2000 lux είναι επαρκής φωτισμός
 - 3_500 lux είναι επαρκής φωτισμός για εργασίες όπως χρήση Η/Υ, εργασία γραφείου
 - 4_πάνω από 750 lux επαρκής φωτισμός για πιο απαιτητικές οπτικές λειτουργίες



_luminance, +5,00 βιβλιοθήκη



_illuminance, +5,00 βιβλιοθήκη



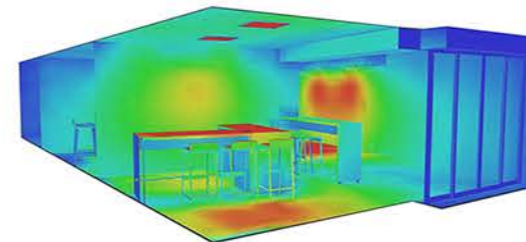
_illuminance, +5,00 βιβλιοθήκη



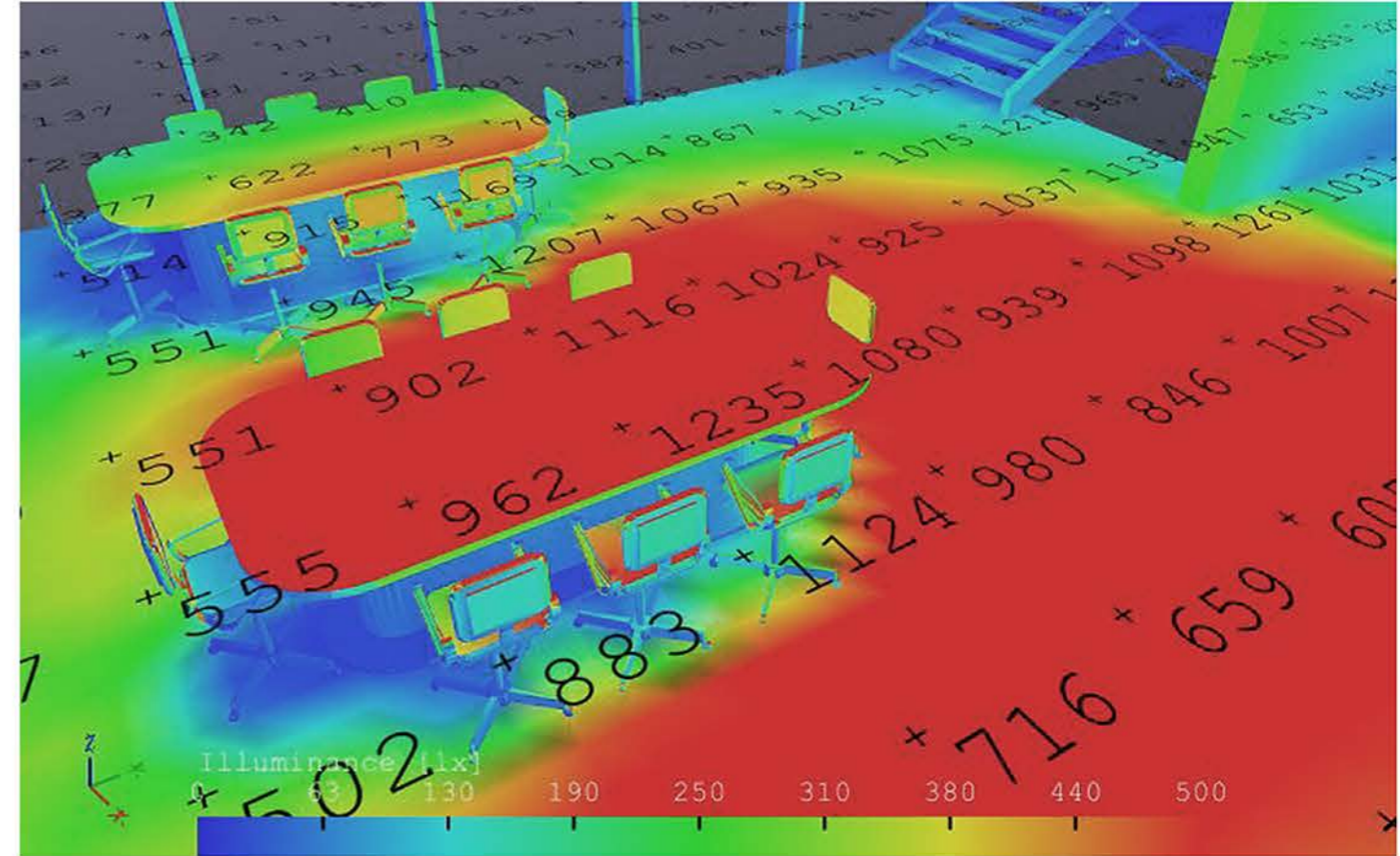
_luminance, +2,00 cafe



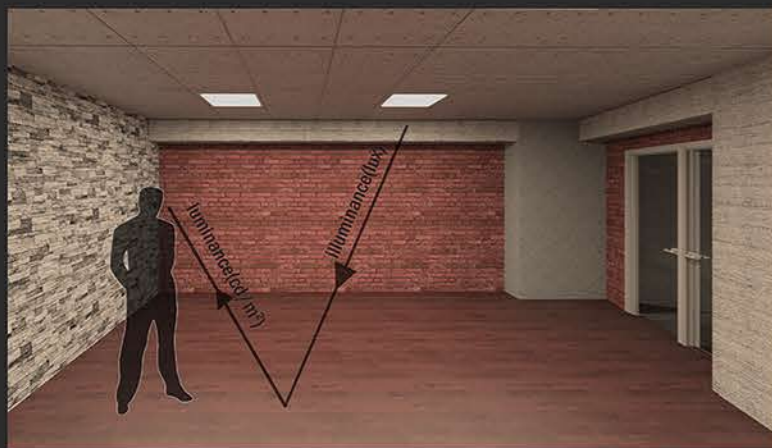
_illuminance, +2,00 cafe



_illuminance, +2,00 cafe



_illuminance, +5,00 βιβλιοθήκη



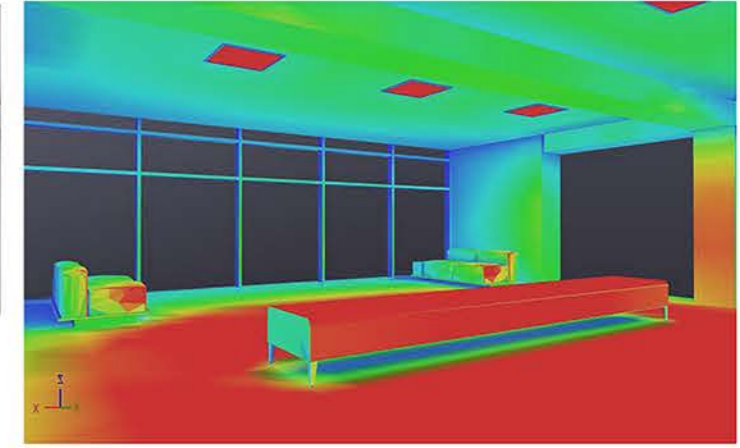
_luminance-illuminance



_luminance, +2,00 καθιστικό



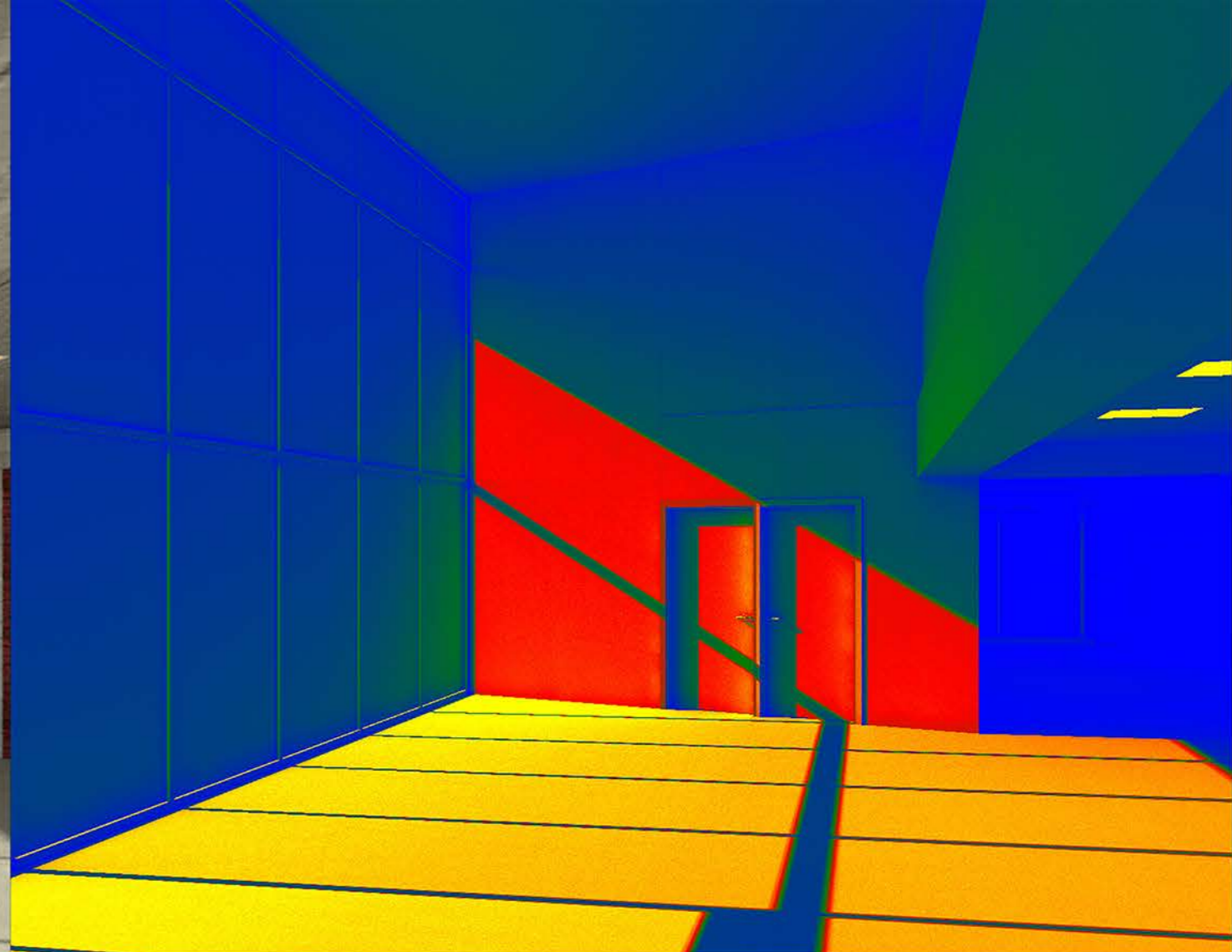
_illuminance, +2,00 καθιστικό



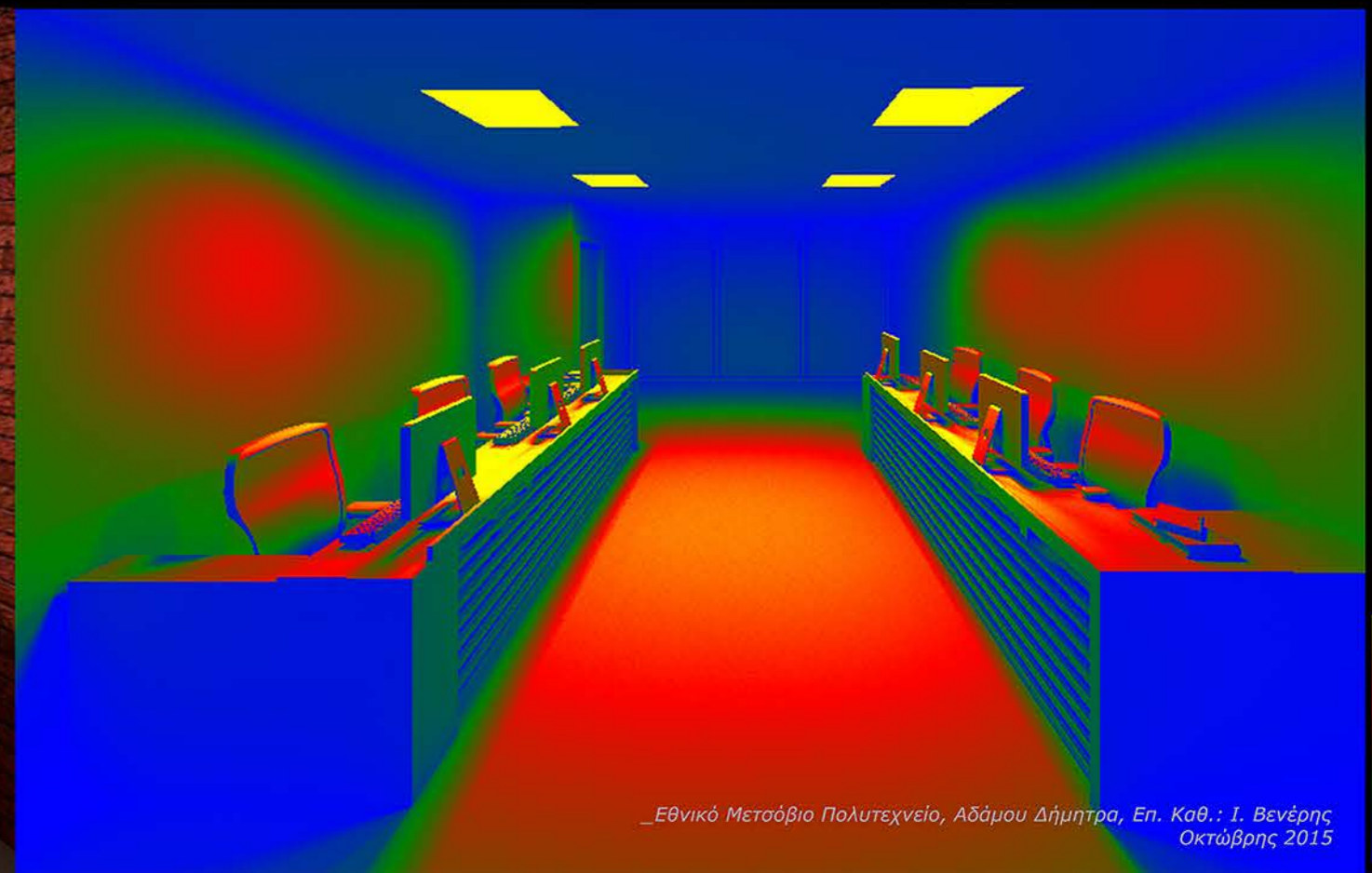
_illuminance, +2,00 καθιστικό



_6 Σεπτεμβρίου, 13:00 μ.μ., είσοδος +2,00

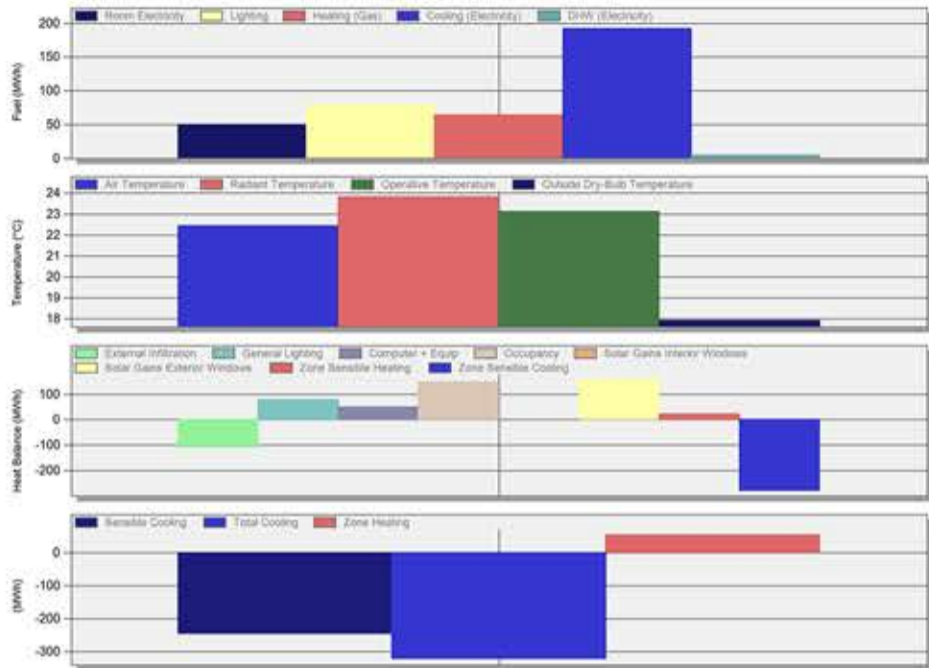


_6 Σεπτεμβρίου, 13:00 μ.μ., γραφείο διοίκησης +2,00



1_Double glazing, LED

Annual Data



Annual Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

Temperature

- Air Temperature: Η υπολογισμένη μέση θερμοκρασία του αέρα
- Radiant Temperature: Η μέση θερμοκρασία της ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών
- Operative Temperature: Η θερμοκρασία εσωτερικής άνεσης, η οποία είναι ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων θερμοκρασιών (air-radiant), είναι το μέτρο της μέσης αντιληπτής θερμοκρασίας σε κάθε κτηριακή ζώνη
- Outside Dry-Bulb Temperature: Η εξωτερική θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα

Heat Balance

Η γραφική παράσταση του θερμικού ισοζυγίου μας παρέχει πληροφορίες για την ανάλυση των θερμικών κερδών και απωλειών για το σύνολο του κτηρίου. Παρουσιάζονται οι συνολικές θερμικές απώλειες για καθένα από τα συστατικά του κτηρίου, καθώς επίσης και το συνολικό θερμικό κέρδος. Στα δεξιά, η στήλη "Zone Sensible Heating" δηλώνει τη συνολική θερμική ισχύ που απαιτείται για να καλυφθούν οι θερμικές απώλειες.

- External Infiltration: Θερμική απώλεια λόγω της διείσδυσης του αέρα μέσω των κουφωμάτων
- Sensible Cooling: Ψύξη από το σύστημα HVAC
- Total Cooling: Συνολική ψύξη
- Zone Heating: Ενέργεια που παρέχεται από τις τοπικά εγκατεστημένες συσκευές θέρμανσης για τη διατήρηση της επιθυμητής τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας διαμετίου

2_Single glazing, Fluorescent lights

Annual Data



Annual Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

	1.	2.
	Year	Year
Room Electricity (MWh)	49,68	49,68
Lighting (MWh)	79,60	159,20
Heating (Gas) (MWh)	64,25	62,71
Cooling (Electricity) (MWh)	192,04	230,92
DHW (Electricity) (MWh)	4,49	4,49
Air Temperature (°C)	22,44	22,61
Radiant Temperature (°C)	23,82	24,19
Operative Temperature (°C)	23,13	23,40
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	17,90	17,90
External Infiltration (MWh)	-106,88	-110,70
General Lighting (MWh)	79,60	159,20
Computer + Equip (MWh)	49,68	49,68
Occupancy (MWh)	148,85	147,63
Solar Gains Interior Windows (MWh)	0,28	0,38
Solar Gains Exterior Windows (MWh)	156,82	215,76
Zone Sensible Heating (MWh)	23,44	25,61
Zone Sensible Cooling (MWh)	-277,70	-338,10
Sensible Cooling (MWh)	-245,24	-299,27
Total Cooling (MWh)	-320,71	-385,64

1_Double glazing, LED

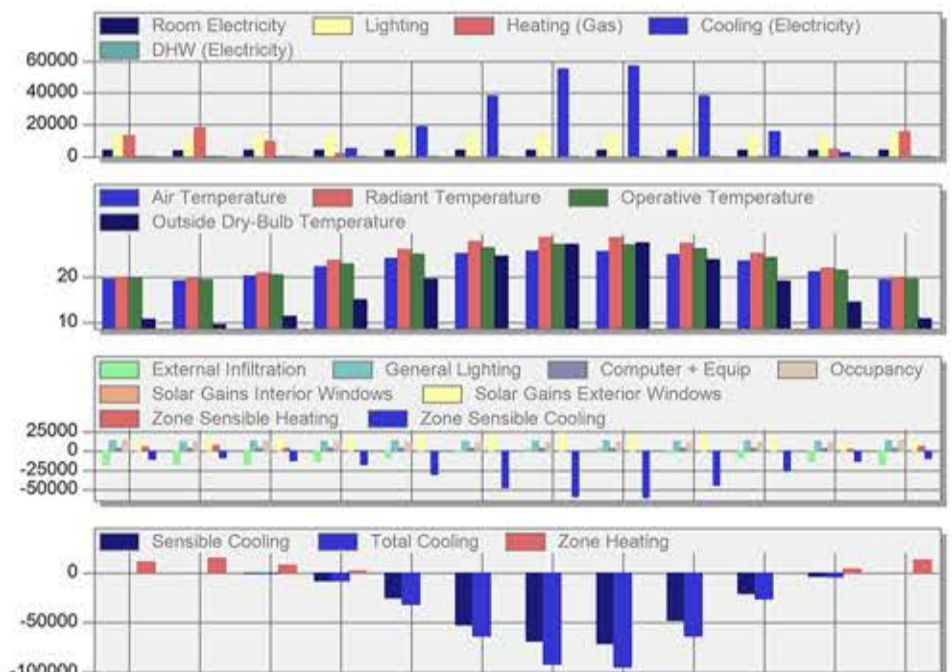
Monthly Data



Monthly Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

2_Single glazing, Fluorescent lights

Monthly Data

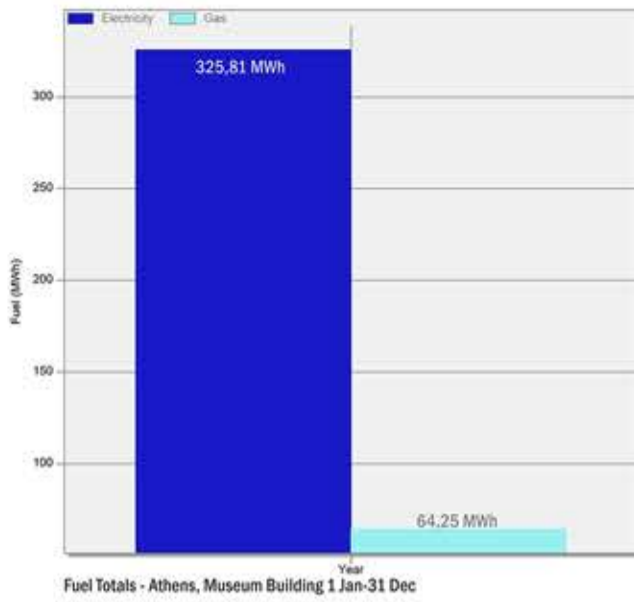


Monthly Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

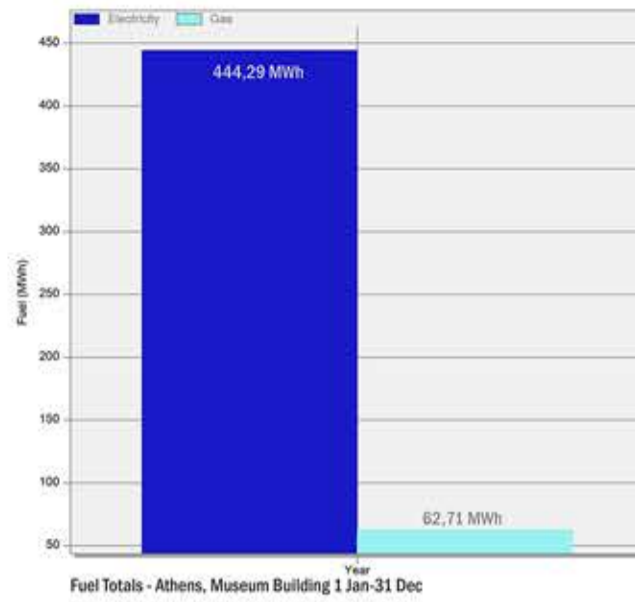
Month	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Room Electricity (kWh)	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Lighting (kWh)	6760.54	6106.30	6760.54	6542.46	6760.54	6542.46	6760.54	6760.54	6542.46	6760.54	6542.46	6760.54
Heating (Gas) (kWh)	14392.63	17762.85	9891.73	1971.25	5.55	0.00	0.00	0.00	4125.21	16113.91	0.00	16113.91
Cooling (Electricity) (kWh)	0.90	1.72	82.28	3190.71	14385.30	32022.85	47678.35	49302.16	32200.10	11776.86	14920.25	2.14
DHW (Electricity) (kWh)	380.94	344.08	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65
Air Temperature (°C)	19.39	19.19	20.00	22.01	23.94	24.99	25.48	25.42	24.80	23.47	21.04	19.34
Radiant Temperature (°C)	19.89	19.64	20.80	23.25	25.63	27.23	27.95	27.89	26.92	24.86	21.75	19.68
Operative Temperature (°C)	19.64	19.41	20.40	22.63	24.78	26.11	26.72	26.65	25.86	24.17	21.39	19.51
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10.70	9.58	11.39	15.06	19.61	24.61	27.30	27.59	23.88	19.15	14.51	10.86
External Infiltration (kWh)	-17355.36	-17349.29	-17036.12	-13231.87	-8448.30	-863.77	3253.46	3893.81	-1825.33	-8451.40	-12486.55	-16078.40
General Lighting (kWh)	6760.54	6106.30	6760.54	6542.46	6760.54	6542.46	6760.54	6760.54	6542.46	6760.54	6542.46	6760.54
Computer + Equip (kWh)	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Occupancy (kWh)	14284.30	12980.59	13956.93	12285.05	11638.83	11111.74	11477.28	11468.85	11107.03	11609.06	12646.00	14287.27
Solar Gains Interior Windows (kWh)	21.42	19.79	23.02	22.31	24.38	26.60	28.42	27.87	29.33	24.08	17.21	18.81
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	9762.90	10034.76	12781.73	13550.84	15427.95	16485.27	17112.64	16484.27	15537.49	12390.35	8604.29	8655.30
Zone Sensible Heating (kWh)	5162.62	6320.80	3785.15	817.80	4.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1709.93	5661.20
Zone Sensible Cooling (kWh)	-8853.43	-7315.11	-10626.96	-14464.66	-24076.69	-38896.05	-48494.78	-49426.78	-36252.87	-20438.68	-10820.21	-8038.88
Sensible Cooling (kWh)	-1.50	-2.87	-137.42	-5175.56	-19593.23	-43981.57	-58183.90	-60513.39	-39682.23	-15883.69	-2076.25	-3.57
Total Cooling (kWh)	-1.50	-2.87	-137.42	-5328.48	-24023.46	-53478.17	-79622.84	-82334.62	-53774.16	-19667.02	-2338.41	-3.57
Zone Heating (kWh)	11945.88	14743.17	8201.83	1636.14	4.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3424.76	13374.54
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40

Month	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Room Electricity (kWh)	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Lighting (kWh)	13521.08	12212.59	13521.08	13084.92	13521.08	13084.92	13521.08	13521.08	13084.92	13521.08	13084.92	13521.08
Heating (Gas) (kWh)	13469.15	17813.20	9526.77	1885.80	24.04	0.00	0.00	0.00	3.07	15057.08	0.00	15057.08
Cooling (Electricity) (kWh)	23.83	29.55	290.78	4942.78	18947.28	38064.18	55082.51	56881.80	38204.91	15825.08	2094.68	32.59
DHW (Electricity) (kWh)	380.94	344.08	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65	380.94	368.65
Air Temperature (°C)	19.55	19.25	20.20	22.26	24.08	25.19	25.73	25.68	24.97	23.55	21.20	19.45
Radiant Temperature (°C)	20.04	19.65	21.00	23.65	26.03	27.87	28.65	27.49	26.65	24.97	21.93	19.76
Operative Temperature (°C)	19.79	19.45	20.60	22.90	25.06	26.53	27.22	26.15	26.23	24.36	21.57	19.60
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	10.70	9.58	11.39	15.06	19.61	24.61	27.30	27.59	23.88	19.15	14.51	10.86
External Infiltration (kWh)	-17654.74	-17465.03	-17421.61	-13715.54	-8719.19	-1233.03	2788.73	3447.60	-2141.35	-8606.47	-12786.47	-17191.89
General Lighting (kWh)	13521.08	12212.59	13521.08	13084.92	13521.08	13084.92	13521.08	13521.08	13084.92	13521.08	13084.92	13521.08
Computer + Equip (kWh)	4219.71	3811.35	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71	4219.71	4083.59	4219.71	4083.59	4219.71
Occupancy (kWh)	14092.27	12836.57	13708.77	12090.94	11102.21	11477.26	11471.43	11106.38	11572.99	12455.82	14110.60	14287.27
Solar Gains Interior Windows (kWh)	28.43	26.44	31.07	30.32	33.34	36.57	39.14	38.33	39.93	32.33	22.90	24.91
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	13230.00	13076.33	17537.57	18883.10	21339.23	22880.10	23769.00	22691.39	21433.73	16928.71	11695.98	11716.52
Zone Sensible Heating (kWh)	5363.78	7156.09	4113.54	886.98	19.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	1965.71	6084.03
Zone Sensible Cooling (kWh)	-10350.06	-8535.08	-12240.50	-17826.83	-30001.00	-47553.04	-58981.17	-60147.54	-44503.73	-25689.36	-12952.77	-6334.27
Sensible Cooling (kWh)	-39.80	-49.34	-485.57	-1919.80	-2640.40	-8899.29	-17120.88	-17949.79	-21043.48	-3637.86	-54.42	-54.42
Total Cooling (kWh)	-39.80	-49.34	-485.57	-8254.43	-31641.95	-63567.18	-81987.79	-84992.61	-63802.21	-26427.89	-4333.11	-54.42
Zone Heating (kWh)	11179.40	14784.95	7907.22	1565.22	19.95	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	3565.58	13004.24
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	1.40	1.40	1.41	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40

1_Double glazing, LED
Fuel Totals, Annual

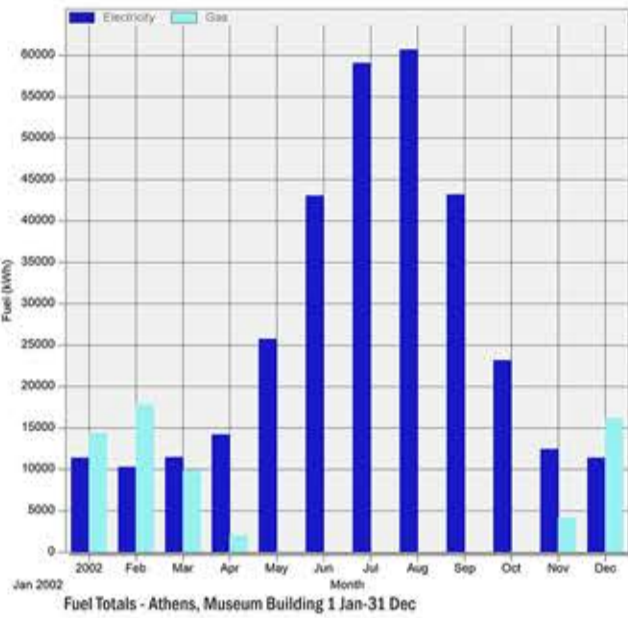


2_Single glazing, Fluorescent lights
Fuel Totals, Annual

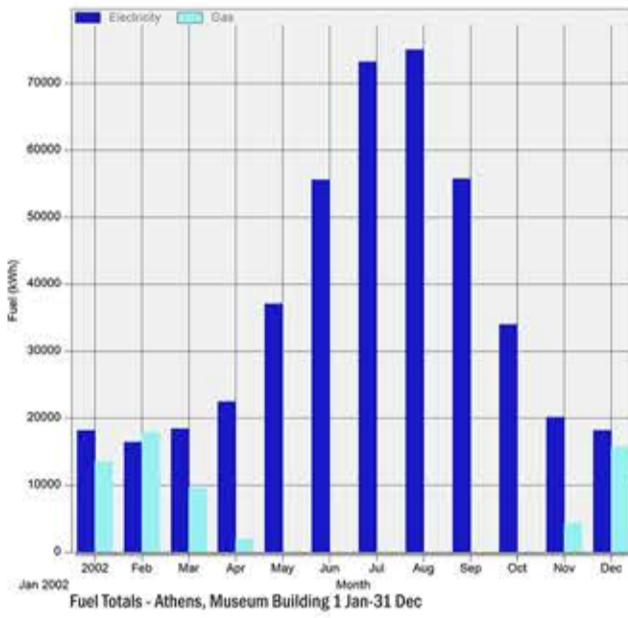


-Electricity: Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
-Gas: Συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου

Fuel Totals, Monthly

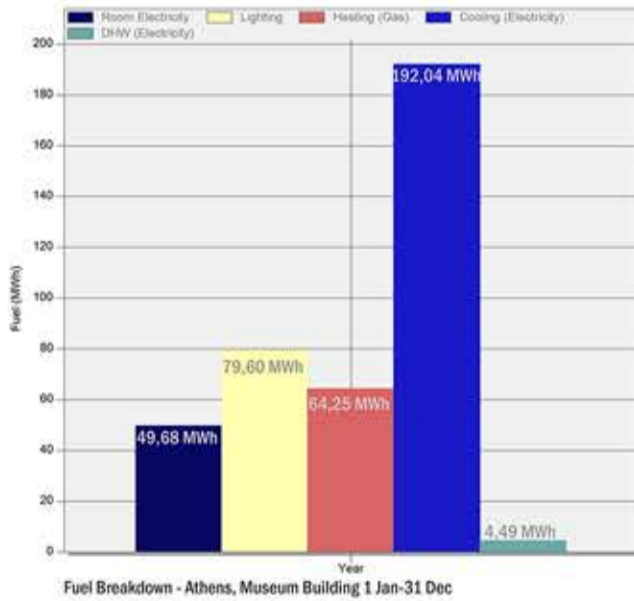


Fuel Totals, Monthly

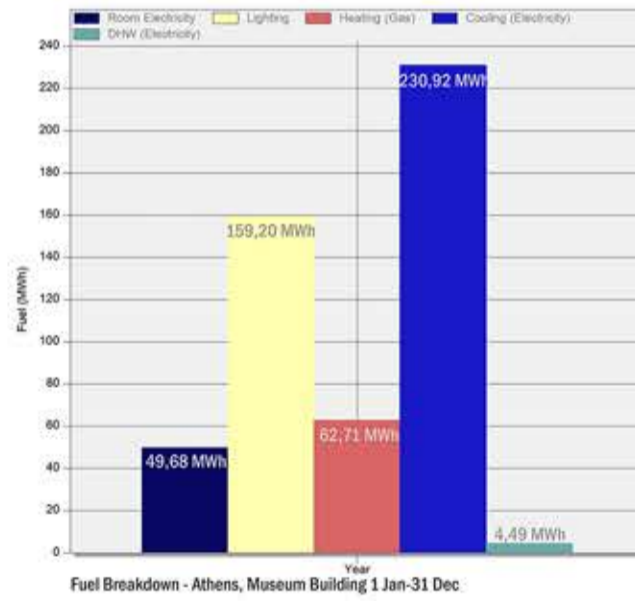


-Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως βλέπουμε στη γραφική παράσταση, είναι σαφώς υψηλότερη στη δεύτερη περίπτωση. Επίσης βλέπουμε πως αυξάνεται η κατανάλωση κατά τους θερινούς μήνες λόγω της λειτουργίας του συστήματος ψύξης.
-Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χώρων κατά την χειμερινή περίοδο, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα.

1_Double glazing, LED
Fuel Breakdown, Annual

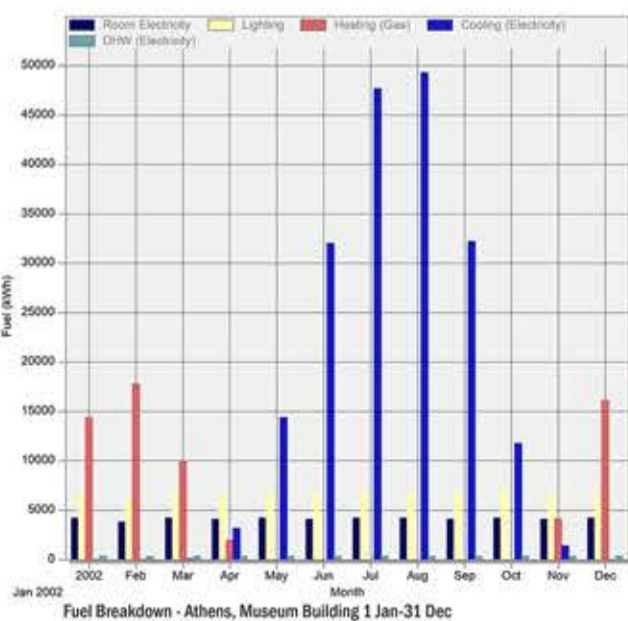


2_Single glazing, Fluorescent lights
Fuel Breakdown, Annual

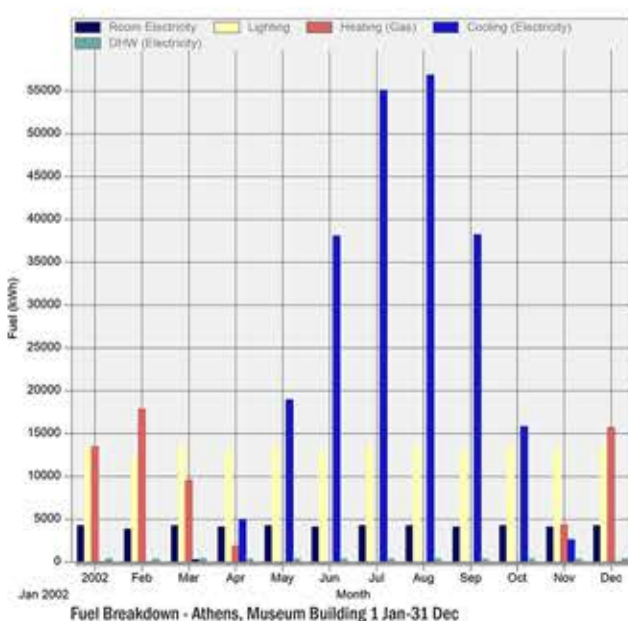


-Στα διπλάνα διαγράμματα φαίνεται η κατανομή της κατανάλωσης καυσίμων ετησίως. Βλέπουμε πως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη του κτηρίου είναι η μεγαλύτερη τιμή, ενώ ακολουθεί η κατανάλωση για τον φωτισμό των χώρων. Όπως δείχνουν τα διαγράμματα, και όπως φυσικά είναι επόμενο, οι τιμές κατανάλωσης είναι κατά πολύ υψηλότερες στην περίπτωση 2.

Fuel Breakdown, Monthly

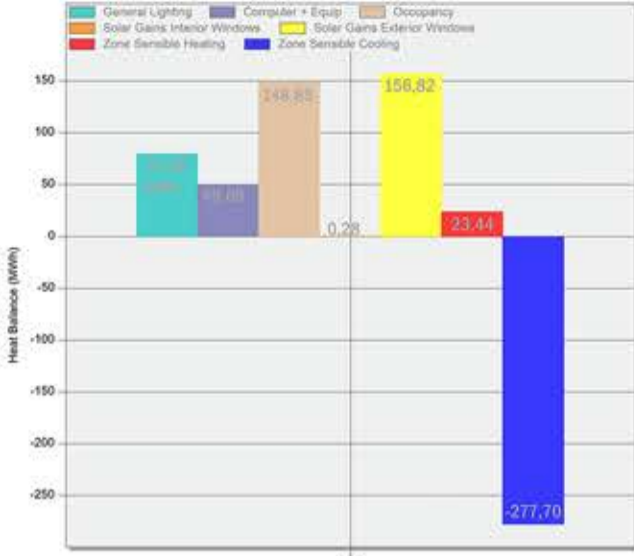


Fuel Breakdown, Monthly



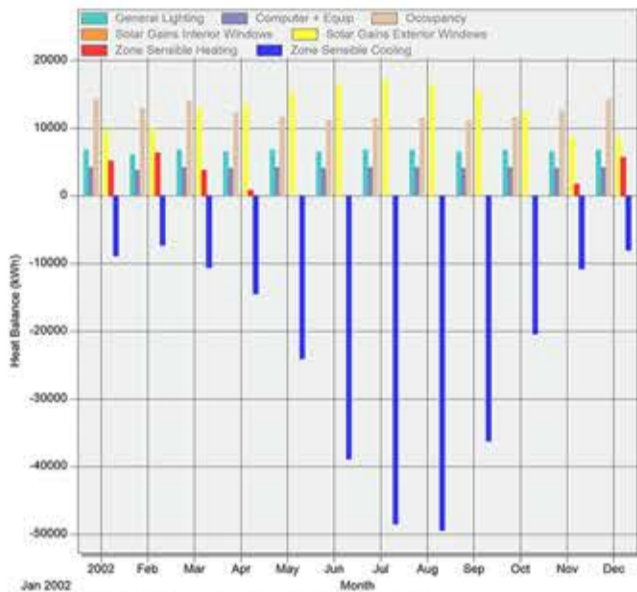
-Η κατανάλωση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών ψύξης φτάνει τη μέγιστη τιμή της τους θερινούς μήνες, και ειδικότερα το μήνα Αύγουστο. Η κατανάλωση για φωτισμό παμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ η κατανάλωση φυσικού αερίου για τη θέρμανση περιορίζεται, όπως είναι λογικό, στους χειμερινούς μήνες, με μέγιστη τιμή το μήνα Φεβρουάριο.

1_Double glazing, LED
Internal Gains, Annual



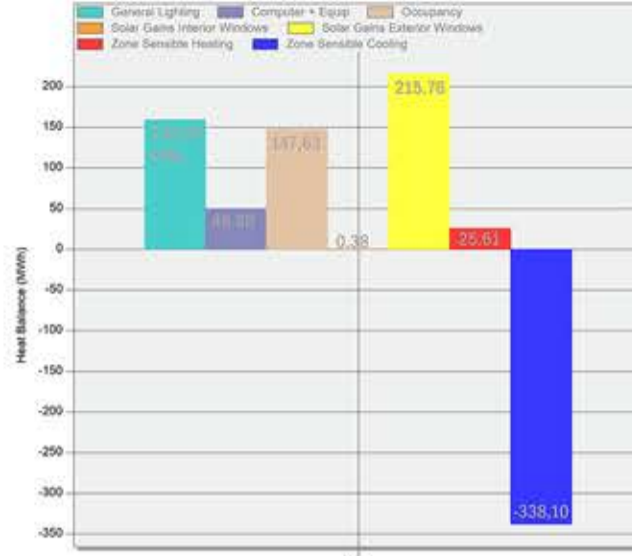
Internal Gains - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

Internal Gains, Monthly



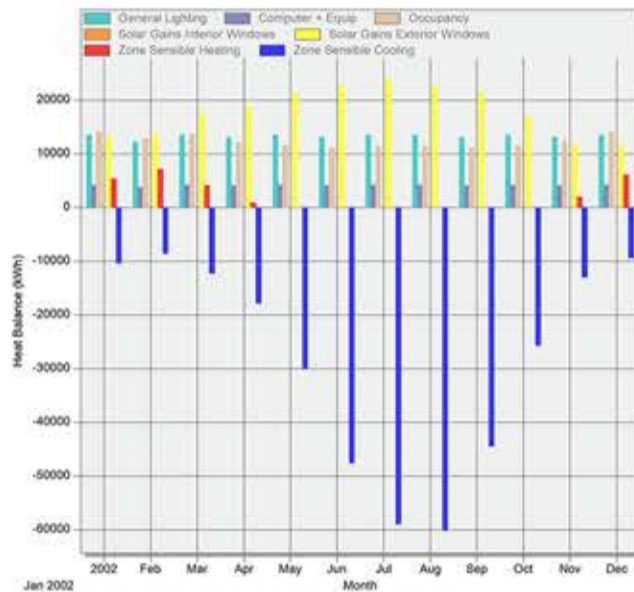
Internal Gains - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

2_Single glazing, Fluorescent lights
Internal Gains, Annual



Internal Gains - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

Internal Gains, Monthly



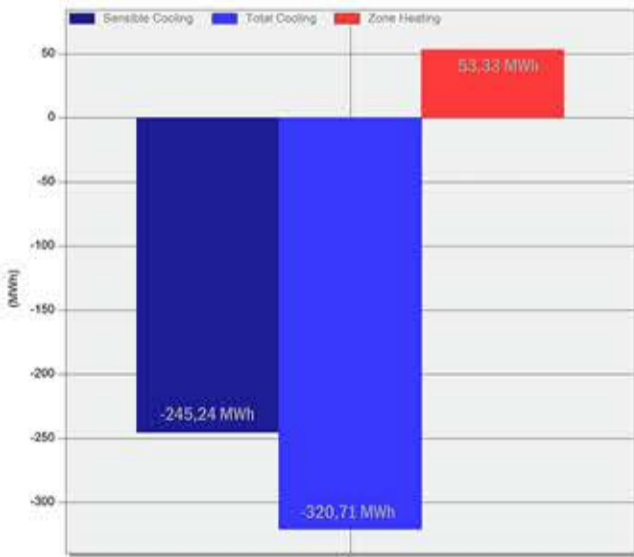
Internal Gains - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

Στα διαγράμματα παρουσιάζονται τα συνολικά ετήσια θετικά κέρδη, τα οποία προέρχονται από τον φωτισμό του κτηρίου, τον εξοπλισμό του, τους επισκέπτες, το σύστημα θέρμανσης, καθώς επίσης και από τα ανοίγματα.

-Zone Sensible Cooling: το συνολικό αποτέλεσμα ψύξης οποιασδήποτε μορφής αέρα η οποία εισάγεται σε ένα χώρο μέσω του συστήματος HVAC. Η ψύξη εμφανίζεται πάντα ως αρνητική τιμή.

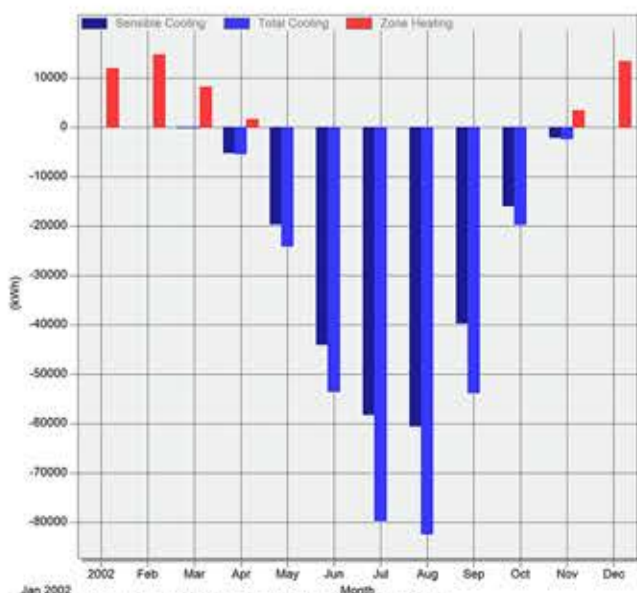
Στα διαγράμματα παρουσιάζεται αναλυτικά η συνεισφορά των διάφορων κτηριακών παραμέτρων στα συνολικά θετικά κέρδη. Το θετικό κέρδος από τα μονά ανοίγματα της περίπτωσης 2 είναι αισθητά μεγαλύτερο, σε αντίθεση με τα διπλά της πρώτης περίπτωσης. Μεγαλύτερη είναι και η τιμή για την ψύξη. Οι τιμές του φωτισμού και των επισκεπτών παραμένουν σταθερές.

1_Double glazing, LED
System Loads, Annual



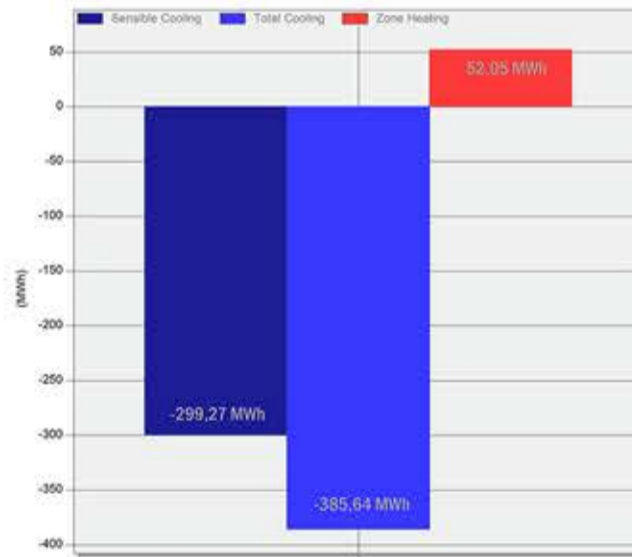
System Loads - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

System Loads, Monthly



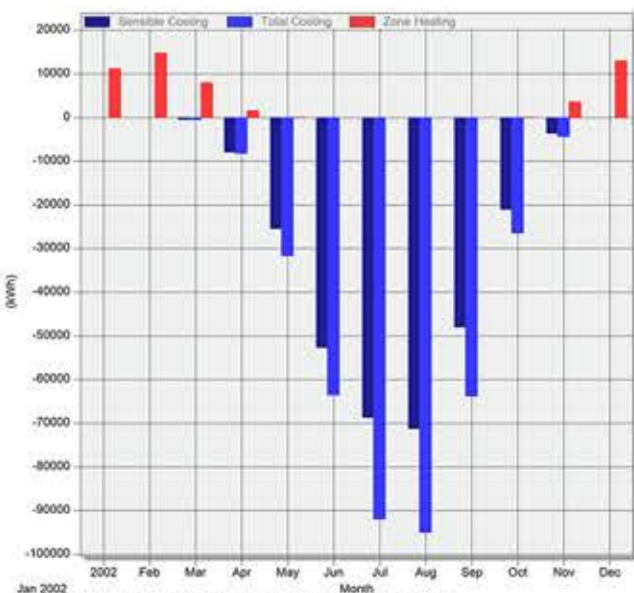
System Loads - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

2_Single glazing, Fluorescent lights
System Loads, Annual



System Loads - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

System Loads, Monthly



System Loads - Athens, Museum Building 1 Jan-31 Dec

Στα διαγράμματα παρουσιάζονται τα φορτία ψύξης και θέρμανσης για την κάλυψη των κτηριακών αναγκών και την εξασφάλιση της εσωτερικής θερμικής άνεσης. Δεν περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς τα θετικά κέρδη των παραπάνω γραφικών παραστάσεων.

Αναλυτικά τα μηνιαία φορτία θέρμανσης-ψύξης.