



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ



ΌΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ : ΤΑΣΙΟΥΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ : mc14287

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2021

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Χρήστο Τζιβανίδη που μου έδωσε την ευκαιρία να επιλέξω ένα πολύ ενδιαφέρον και σημαντικό θέμα του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού καθώς και να συνεργαστώ με το Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτιρίου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο και κ. Στέφανο Παλλαντζά για την καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφεραν πάνω στο θέμα του παθητικού κτιρίου τόσο σε θεωρητικό όσο σε πρακτικό επίπεδο.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές οι οποίοι με τις γνώσεις τους και την μεταδοτικότητα τους μου έδωσαν τις σωστές βάσεις και γνώσεις και με την διάθεση και το μεράκι τους μου μετέδωσαν την όρεξη για μάθηση, μελέτη και έρευνα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου που με στήριξαν καθ'όλη την διάρκεια των σπουδών μου και σε όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα και που με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις σπουδές μου με επιτυχία.

Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της παγκόσμιας σύγχρονης επιστημονικής κοινότητας είναι το ενεργειακό καθώς και οι τρόποι με τους οποίους θα επιτευχθεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών στο μέλλον. Ο άνθρωπος ανέκαθεν αξιοποιούσε τα διάφορα είδη ενέργειας στην φύση, όμως από το 1700 μ.χ. (βιομηχανική επανάσταση) και μετά άρχισε να κτίζει περισσότερα κτίρια, να καίει περισσότερα ορυκτά καύσιμα για να καλύψει τις ανάγκες ηλεκτρικού ρεύματος και μεταφοράς και γενικότερα αύξησε σε τεράστιο βαθμό τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Όλες αυτές οι ανθρώπινες δραστηριότητες είχαν ως αποτέλεσμα να αυξήσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αφύσικη κλιματική αλλαγή. Τα αποτελέσματα είναι το λιώσιμο των πάγων, η αύξηση της θερμοκρασίας της γης, περισσότερες περιοχές με ξηρασία, διαταραχή των οικοσυστημάτων και πολλά άλλα.

Από τα προαναφερθέντα γίνεται αντιληπτό ότι ο τρόπος και ο ρυθμός με τον οποίο ο άνθρωπος παράγει ενέργεια συνδέεται άρρηκτα με το περιβάλλον και κλίμα της Γης. Συνεπώς είναι υψίστης σημασίας να γίνεται εξοικονόμηση της ενέργειας αλλά και να αυξηθεί η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Για να γίνει εφικτή η εξοικονόμηση, είναι επιτακτική ανάγκη η γνώση της ποσότητας της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποσοστά. Συγκεκριμένα, οι δύο μεγαλύτερες πηγές κατανάλωσης ενέργειας στην σύγχρονη εποχή είναι η μεταφορά και τα κτίρια.

Στην Ευρώπη το 2020 περίπου το 40% των συνολικών καταναλώσεων οφείλονταν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Αυτό σημαίνει ότι τα κτίρια επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο και πως είναι ζωτικής σημασίας να δοθεί έμφαση στον κατάλληλο σχεδιασμό τους τόσο από ενεργειακής πλευράς όσο και από την πλευρά των συνθηκών άνεσης.

Επομένως τα κτίρια καταναλώνουν τεράστια ποσά ενέργειας και έχουν πολύ μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις γύρω περιοχές. Για αυτόν το λόγο είναι απαραίτητο να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν έναν καλύτερο τρόπο ζωής. Παρ' όλ' αυτά, τα κτίρια του παρελθόντος δεν λαμβάνονταν υπόψιν ως εξωτερικοί παράγοντες ή συστήματα που επιρεάζουν το μικροκλίμα μιας περιοχής αλλά ως αρχιτεκτονικές κατασκευές για απλή στέγαση εστιάζοντας κυρίως στην αισθητική και στην αντοχή τους. Είναι ευρεώς αποδεκτό ότι ο σύγχρονος πολιτισμός δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς κτίρια, μιας και ο μέσος άνθρωπος στις

ανεπτυγμένες χώρες αφιερώνει το 80% με 90% του χρόνου του στο εσωτερικό κτιρίων (σπίτι, εργασία κτλ), για αυτό πρέπει τα μελλοντικά κτίρια εκτός των παραπάνω να προσφέρουν και συνθήκες άνεσης στους ανθρώπους και γενικότερα συνθήκες υγιεινής.

Για να πραγματοποιηθούν όλα τα παραπάνω πρέπει τα κτίρια να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται στο φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το κλίμα, για να εξασφαλίζουν τις ιδανικές εσωκλιματικές συνθήκες, μία λογική σχεδιασμού που έχει αρχίσει να γίνεται πιο γνωστή τα τελευταία χρόνια, η λογική του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού. Ωστόσο η συγκεκριμένη εργασία θα διερύνει την προαναφερθείσα λογική από τις εσωτερικές συνθήκες στις εξωτερικές, δηλαδή στο πως επηρεάζουν τα κτίρια το μικροκλίμα μιας περιοχής σε συνδυασμό με την βλάστηση.

Ένα κτίριο που παρέχει ασφάλεια και προστασία σε συνδυασμό με ιδανικές συνθήκες άνεσης κάποτε αποτελούσε προνόμιο και πολυτέλεια, στην σημερινή εποχή όμως ένα τέτοιο κτίριο αποτελεί δικαίωμα του κάθε ανθρώπου.

Αθήνα 2021, Ελλάδα

Τασιούλης Χρήστος

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	σελ.1
Εισαγωγή.....	σελ.2
Κατάλογος Εικόνων/Σχημάτων.....	σελ.10
Κατάλογος Πινάκων.....	σελ.14
Κατάλογος Αρκτικόλεξων.....	σελ.15
Κατάλογος Συμβόλων.....	σελ.16
Περίληψη.....	σελ.18
Abstract.....	σελ.19
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 1 Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό.....</u>	σελ.20
1.1 Εισαγωγή στον Κλιματικό Σχεδιασμό.....	σελ.21
1.1.α Ιστορική αναδρομή.....	σελ.22
1.1.β Ορισμός του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....	σελ.26
1.2 Εισαγωγή στα κτίρια.....	σελ.29
1.2.α Τα συστήματα ενός κτιρίου.....	σελ.29
1.2.β Τα κτίρια και η ενέργεια.....	σελ.31
1.3 Είδη ενεργειακών κτιρίων.....	σελ.35
1.3.α Ορισμός ΚΣΜΚΕ.....	σελ.35
1.3.β Ορισμός Παθητικού Κτιρίου.....	σελ.36
1.3.γ Ορισμός Θερμογέφυρας.....	σελ.39
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2 Εισαγωγή στο λογισμικό ENVI-met.....</u>	σελ.40

2.1 Το λογισμικό ENVI-met.....σελ.41	
2.1.α ENVI-met Headquarter.....σελ.41	
2.2 Τα εργαλεία του ENVI-met.....σελ.47	
2.2.α Monde.....σελ.47	
2.2.β Spaces.....σελ.48	
2.2.γ ENVI-guide.....σελ.49	
2.2.δ ENVI-core.....σελ.50	
2.2.ε Leonardo.....σελ.51	
2.3 BIO-met.....σελ.52	
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 3 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και άνεσης.....σελ.55</u>	
3.1 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....σελ.56	
3.1.α Οι μέθοδοι του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....σελ.57	
3.1.β Βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....σελ.58	
3.1.γ Εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου.....σελ.59	
3.2 Είδη ανθρώπινης άνεσης.....σελ.60	
3.2.α Θερμική άνεση.....σελ.60	
3.2.α* Δείκτες άνεσης.....σελ.62	
3.2.α.i Ο δείκτης PMV.....σελ.62	
3.2.α.ii Ο δείκτης PET.....σελ.63	
3.2.α.iii Ο δείκτης UTCI.....σελ.65	
3.2.α.iv Ο δείκτης SET.....σελ.66	

3.2.α.ν Ο δείκτης WBGT.....σελ.67	σελ.67
3.2.β Φωτισμός.....σελ.69	σελ.69
3.2.γ Μυρωδιά και όσφρηση.....σελ.69	σελ.69
3.2.δ Ηχητική άνεση και θόρυβος.....σελ.70	σελ.70
3.2.ε Εργονομική άνεση και αρχιτεκτονική.....σελ.70	σελ.70
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 4 Σχεδιασμός Βιοκλιματικού Κτιρίου.....σελ.72</u>	σελ.72
4.1 Το Βιοκλιματικό Κτίριο.....σελ.73	σελ.73
4.2 Η γεωμετρία του κτιρίου.....σελ.74	σελ.74
4.3 Τα υλικά του κτιρίου.....σελ.80	σελ.80
4.4 Τα ανοίγματα και τα παράθυρα.....σελ.81	σελ.81
4.5 Ο παράγοντας της βλάστησης.....σελ.85	σελ.85
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 5 Μοντελοποίηση Βιοκλιματικού Κτιρίου.....σελ.87</u>	σελ.87
5.1 Σχεδιασμός κτιρίου στο ENVI-met.....σελ.88	σελ.88
5.1.α Δημιουργία Project.....σελ.88	σελ.88
5.1.β Σχεδιασμός μοντέλου στο Spaces.....σελ.90	σελ.90
5.1.β.i Σχεδιασμός κτιρίου στο Spaces.....σελ.93	σελ.93
5.1.β.ii Σχεδιασμός τοπικής βλάστησης.....σελ.95	σελ.95
5.1.β.iii Επιλογή υλικών του εδάφους.....σελ.96	σελ.96
5.1.β.iv Σχεδιασμός κουφωμάτων και πράσινων υποδομών.....σελ.97	σελ.97
5.2 Δημιουργία αρχείου προσομοίωσης.....σελ.98	σελ.98
5.3 Εκτέλεση προσομοίωσης.....σελ.103	σελ.103

5.4 Απεικόνιση αποτελεσμάτων.....σελ.105	
5.5 Δείκτες άνεσης του BIO-met.....σελ.107	
<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 6 Αποτελέσματα και Συμπεράσματα.....σελ.108</u>	
6.1 Αποτελέσματα της προσομοίωσης.....σελ.109	
6.1.α Η ταχύτητα του ανέμου.....σελ.109	
6.1.β Μέση δυνατή θερμοκρασία.....σελ.113	
6.1.γ Μέση σχετική υγρασία.....σελ.114	
6.1.δ Μέση κατεύθυνση του ανέμου.....σελ.115	
6.1.ε Αποτελέσματα δεικτών άνεσης του BIO-met.....σελ.116	
6.1.ε.i Ο δείκτης PMV/PPD.....σελ.117	
6.1.ε.ii Ο δείκτης PET.....σελ.118	
6.1.ε.iii Ο δείκτης UTCI.....σελ.119	
6.1.ε.iv Ο δείκτης SET.....σελ.119	
6.2 Συμπεράσματα και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.....σελ.120	
6.2.α Η ταχύτητα του ανέμου.....σελ.120	
6.2.β Μέση δυνατή θερμοκρασία.....σελ.120	
6.2.γ Μέση σχετική υγρασία.....σελ.121	
6.2.δ Δείκτες άνεσης του BIO-met.....σελ.121	
6.2.δ.i Ο δείκτης PMV/PPD.....σελ.121	
6.2.δ.ii Ο δείκτης PET.....σελ.122	
6.2.δ.iii Ο δείκτης UTCI.....σελ.122	

6.2.δ.iv Ο δείκτης SET.....σελ.122
Επίλογος.....σελ.123
Βιβλιογραφία.....σελ.124

Τασιούλης Χρήστος

Στην οικογένειά μου,

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Ενότητα 1

Εικόνα 1.1 Το ηλιακό σπίτι του Σωκράτη.....σελ.22
Εικόνα 1.2 Ο Ρωμαιοκαθολικός ναός Νοτρ Νταμ ντε Παρί.....σελ.23
Εικόνα 1.3 Αγροτικό σπίτι στο Τεσλ της Ολλανδίας.....σελ.23
Εικόνα 1.4 Κτίριο στο Μπέλφαστ της Βορείου Ιρλανδίας.....σελ.24
Εικόνα 1.5 Η Ολυμπιακή πισίνα στο Μόναχο της Γερμανίας.....σελ.24
Εικόνα 1.6 Το πρώτο παθητικό κτίριο στον κόσμο.....σελ.25
Εικόνα 1.7 Οι συνολικές εκπομπές CO ₂ τα τελευταία χρόνια.....σελ.32
Εικόνα 1.8 Οι συνολικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια ανά τομέα.σελ.32
Εικόνα 1.9 Οι συνολικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια.....σελ.33
Εικόνα 1.10 Οι πέντε βασικές αρχές ενός Παθητικού Κτιρίου.....σελ.38

Ενότητα 2

Εικόνα 2.1 Τα εργαλεία τα οποία περιλαμβάνει το ENVI-met.....σελ.41
Εικόνα 2.2 Η δεύτερη καρτέλα Data and Settings στο ENVI-met Headquarter.....σελ.42
Εικόνα 2.3 Το παράθυρο Manage Projects and Workspaces.....σελ.43
Εικόνα 2.4 Το παράθυρο του Database Manager.....σελ.44
Εικόνα 2.5 Το παράθυρο του Forcing Manager.....σελ.45
Εικόνα 2.6 Η καρτέλα System στο ENVI-met Headquarter.....σελ.45
Εικόνα 2.7 Η τελευταία καρτέλα Help στο ENVI-met Headquarter.....σελ.45
Εικόνα 2.8 Το περιβάλλον του Albero.....σελ.46
Εικόνα 2.9 Το εργαλείο Monde.....σελ.47
Εικόνα 2.10 Το εργαλείο Spaces.....σελ.48
Εικόνα 2.11 Το εργαλείο ENVI-guide.....σελ.50

Εικόνα 2.12 Το εργαλείο ENVI-core.....σελ.51

Εικόνα 2.13 Το εργαλείο Leonardo.....σελ.52

Εικόνα 2.14 Το αρχικό μενού του ENVI-met BIO-met.....σελ.53

Ενότητα 3

Εικόνα 3.1 Οι βασικοί παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.....σελ.56

Ενότητα 4

Εικόνα 4.1 Σύγκριση σφαίρας και κύβου για κατασκευή κτιρίου.....σελ.75

Εικόνα 4.2 Σύγκριση σχημάτων των εδαφών των κτιρίων.....σελ.75

Εικόνα 4.3 Η γεωμετρία του κεντρικού κτιρίου Α του σχολείου.....σελ.76

Εικόνα 4.4 Η γεωμετρία του κτιρίου Β του σχολείου.....σελ.77

Εικόνα 4.5 Η γεωμετρία του κτιρίου Γ του σχολείου.....σελ.77

Εικόνα 4.6 Η γεωμετρία των κτιρίων Δ και Ε μαζί με τα υπόλοιπα.....σελ.78

Εικόνα 4.7 Κάτοψη των κτιρίων του σχολείου.....σελ.79

Εικόνα 4.8 Το σχέδιο του σχολείου στο AutoCAD με τις αντίστοιχες διαστάσεις.....σελ.80

Εικόνα 4.9 Το κτίριο Α με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.....σελ.82

Εικόνα 4.10 Το κτίριο Β με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.....σελ.83

Εικόνα 4.11 Το κτίριο Γ με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.....σελ.83

Εικόνα 4.12 Το κτίριο Δ με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.....σελ.84

Εικόνα 4.13 Το κτίριο Ε με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.....σελ.84

Εικόνα 4.14 Τα κτίρια του σχολείου με τα κουφώματα.....σελ.85

Εικόνα 4.15 Οι επιφάνειες του σχολείου με πράσινες υποδομές.....σελ.86

Ενότητα 5

Εικόνα 5.1 Επιλογή Manage Projects and Workspaces.....σελ.88

Εικόνα 5.2 Δημιουργία νέου Project.....σελ.89

Εικόνα 5.3 Εισαγωγή βασικών στοιχείων του νέου Project.....σελ.90

Εικόνα 5.4 Η επιλογή Edit Settings/ Create New Area στο εργαλείο Spaces.....σελ.91	σελ.91
Εικόνα 5.5 Τα στοιχεία της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται το σχολείο.....σελ.91	σελ.91
Εικόνα 5.6 Εισαγωγή της γεωμετρίας του πλέμγατος ENVI-met.....σελ.92	σελ.92
Εικόνα 5.7 Οι καρτέλες σχεδιασμού αντικειμένων στο Spaces.....σελ.93	σελ.93
Εικόνα 5.8 Σχεδιασμός των κτιρίων στο Spaces.....σελ.94	σελ.94
Εικόνα 5.9 Όλα τα κτίρια σχεδιασμένα στο Spaces.....σελ.94	σελ.94
Εικόνα 5.10 Προσθήκη γρασιδιού γύρω από τα κτίρια.....σελ.95	σελ.95
Εικόνα 5.11 Τα κτίρια στο ENVI-met χωρίς κουφώματα και πράσινες υποδομές σε 3D.....σελ.95	σελ.95
Εικόνα 5.12 Σχεδιασμός της τοπικής βλάστησης.....σελ.96	σελ.96
Εικόνα 5.13 Σχεδιασμός των υλικών του εδάφους.....σελ.97	σελ.97
Εικόνα 5.14 Το τελικό μοντέλο προσομοίωσης του σχολείου σε 3D.....σελ.97	σελ.97
Εικόνα 5.15 Το τελικό μοντέλο προσομοίωσης του σχολείου σε 2D.....σελ.98	σελ.98
Εικόνα 5.16 Δημιουργία νέου αρχείου προσομοίωσης.....σελ.99	σελ.99
Εικόνα 5.17 Γενικές ρυθμίσεις προσομοίωσης.....σελ.99	σελ.99
Εικόνα 5.18 Επιλογή κατάλληλης θερμοκρασίας για την προσομοίωση.....σελ.100	σελ.100
Εικόνα 5.19 Επιλογή κατάλληλης ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου για προσομοίωση...σελ.100	σελ.100
Εικόνα 5.20 Η μέση θερμοκρασία που επικρατεί στην Αθήνα.....σελ.101	σελ.101
Εικόνα 5.21 Το ροδό του ανέμου στην Αθήνα.....σελ.102	σελ.102
Εικόνα 5.22 Το αρχείο προσομοίωσης από το εργαλείο ENVI-guide.....σελ.103	σελ.103
Εικόνα 5.23 Εισαγωγή του Project στο ENVI-core.....σελ.104	σελ.104
Εικόνα 5.24 Φόρτωση αρχείου και έναρξη της προσομοίωσης.....σελ.104	σελ.104
Εικόνα 5.25 Τα αποτελέσματα κατάστασης της ατμόσφαιρας μετά την προσομοίωση.....σελ.105	σελ.105
Εικόνα 5.26 Εισαγωγή των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο Leonardo.....σελ.106	σελ.106
Εικόνα 5.27 Παρουσίαση και τροποποίηση δεδομένων.....σελ.106	σελ.106
Εικόνα 5.28 Υπολογισμός των δεικτών άνεσης στο BIO-met.....σελ.107	σελ.107

Ενότητα 6

Εικόνα 6.1	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 8:00 πμ.....σελ.109
Εικόνα 6.2	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 9:00 πμ.....σελ.110
Εικόνα 6.3	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 10:00 πμ.....σελ.110
Εικόνα 6.4	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 11:00 πμ.....σελ.111
Εικόνα 6.5	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 12:00 μμ.....σελ.111
Εικόνα 6.6	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 13:00 μμ.....σελ.112
Εικόνα 6.7	Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 14:00 μμ.....σελ.112
Εικόνα 6.8	Η μέση δυνατή θερμοκρασία στην περιοχή του σχολείου.....σελ.113
Εικόνα 6.9	Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή του σχολείου.....σελ.114
Εικόνα 6.10	Η μέση κατεύθυνση του ανέμου στην περιοχή του σχολείου.....σελ.115
Εικόνα 6.11	Η τοποθεσία των δεδομένων των δεικτών άνεσης από το BIO-met.....σελ.116
Εικόνα 6.12	Οι φάκελοι με τα αποτελέσματα των δεικτών άνεσης.....σελ.117
Εικόνα 6.13	Τα αποτελέσματα του δείκτη PMV.....σελ.117
Εικόνα 6.14	Τα αποτελέσματα του δείκτη PPD.....σελ.118
Εικόνα 6.15	Τα αποτελέσματα του δείκτη PET.....σελ.118
Εικόνα 6.16	Τα αποτελέσματα του δείκτη UTCI.....σελ.119
Εικόνα 6.17	Τα αποτελέσματα του δείκτη SET.....σελ.119

Κατάλογος Πινάκων

Ενότητα 1

Πίνακας 1.1 Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και συστήματα ελέγχου Φακέλου Κτιρίου...σελ.28

Πίνακας 1.2 Τα συστήματα ενός κτιρίου.....σελ.30

Πίνακας 1.3 Παγκόσμια πρόβλεψη πληθυσμού.....σελ.34

Ενότητα 3

Πίνακας 3.1 Η σχέση μεταξύ των δεικτών PMV και PPD.....σελ.63

Πίνακας 3.2 Το εύρος της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET).....σελ.64

Πίνακας 3.3 Η θερμική αίσθηση για τις διάφορες τιμές του UTCI.....σελ.66

Πίνακας 3.4 Εκτίμηση θερμικής καταπόνησης με βάση τον δείκτη SET.....σελ.66

Πίνακας 3.5 Οι κατάλληλες υπαίθριες δραστηριότητες σύμφωνα με τις τιμές WBGT.....σελ.67

Πίνακας 3.6 Τα είδη άνεσης και οι αντίστοιχοι παράγοντες.....σελ.71

Ενότητα 4

Πίνακας 4.1 Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου Α.....σελ.76

Πίνακας 4.2 Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων Β και Γ.....σελ.78

Πίνακας 4.3 Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων Δ και Ε.....σελ.79

Ενότητα 5

Πίνακας 5.1 Τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας και του πλέγματος του μοντέλου.....σελ.90

Κατάλογος Αρκτικόλεξων

Ελληνικά αρκτικόλεξα

ΑΠΕ : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΠΚ : Παθητικό Κτίριο

ΚΣΜΚΕ : Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας

RH : Σχετική υγρασία (Relative Humidity)

Αγγλικά αρκτικόλεξα

BAS : Building Automation System

IEA : International Energy Agency

REN : Renewable Energy sources

nZEB : near Zero Energy Buildings

PEB : Positive Energy Buildings

PH : Passive House

ACH : Air Changes per Hour

GIS : Geographic Information System

PMV : Predicted Mean Vote

PPD : Percentage People Dissatisfied

PET : Physiological Equivalent Temperature

UTCI : Universal Thermal Climate Index

IEQ : Indoor Environmental Quality

MET : Metabolic Equivalent of Task

MEMI : Munich Energy Balance Model for Individuals

SI : System International

Κατάλογος Συμβόλων

Hu : Θερμογόνος Δύναμη

GHG : Green House Gases, Αέρια του Θερμοκηπίου

H₂O : Υδρατμός

CO₂ : Διοξείδιο του Άνθρακα

CH₄ : Μεθάνιο

N₂O : Οξείδιο του Αζώτου

O₃ : Όζον

CFCs : Φθοροχλωράνθρακες

Mtoe : Million tons of oil equivalent (τόνος ισοδύναμου πετρελαίου)

U : Θερμοπερατότητα

W : Watt

m² : Τετραγωνικό μέτρο

kWh : Κιλοβατώρα

kWh/(m²a) : Κιλοβατώρα ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο

m²a : Τετραγωνικό μέτρο το χρόνο

W/m² : Watt ανά τετραγωνικό μέτρο

W/(m²K) : Watt ανά τετραγωνικό μέτρο ανά Kelvin

Εναλλαγές/h : Εναλλαγές του αέρα την ώρα

M : Εσωτερικά παραγόμενη μεταβολική θερμότητα

W : Εξωτερικό μηχανικό έργο

R : Ανταλλαγή θερμότητας από ακτινοβολία

C : Ανταλλαγή θερμότητας λόγω συναγωγής

K : Ανταλλαγή θερμότητας λόγω αγωγής

Τασιούλης Χρήστος

E : Απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης

RES : Απώλεια θερμότητας λόγω αναπνοής

ΔS : Μεταβολή της αποθηκευμένης θερμότητας στο σώμα

T_{db} : Θερμοκρασία ξηρού βολβού

T_{mr} : Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

v_{ar} : Ταχύτητα του αέρα

T_{op} : Θερμοκρασία λειτουργίας

M* : Ρυθμός μεταβολισμού του ανθρώπου

W* : Εξωτερικό έργο ή δραστηριότητα που εκτελείται από ανθρώπους

f_{cl} : Λόγος ντυμένης περιοχής του σώματος σε σχέση με εντελώς γυμνή περιοχή του σώματος

Pa : Pascal [N/m²]

p_a : Πίεση ατμών αέρα

T_{cl} : Μέση θερμοκρασία επιφάνειας ρούχων

M[#] : Μεταβολικός ρυθμός εσωτερικής παραγωγή ενέργειας

W[#] : Φυσική παραγωγή έργου

R[#] : Καθαρή ακτινοβολία του σώματος

C[#] : Ροή θερμότητας μεταφοράς από συναγωγή

E_D : Λανθάνουσα ροή θερμότητας για να εξατμίσει το νερό που διαχέεται στο δέρμα

E_{Re} : Άθροισμα των ροών θερμότητας για θέρμανση και υγρασία του εισπνεόμενου αέρα

E_{Sw} : Ροή θερμότητας λόγω εξάτμισης του ιδρώτα

S : Ροή θερμότητας αποθήκευσης για θέρμανση ή ψύξη της μάζας του σώματος

T_{air} : Θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος

Περίληψη

Ο κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προσομοίωση μοντέλου μικροκλίματος σε μία περιοχή γύρω από ένα βιοκλιματικό κτίριο με απώτερο σκοπό την μελέτη και τον τρόπο με τον οποίο τα κτίρια, η βλάστηση και γενικότερα τα υλικά και αντικείμενα της περιοχής επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές και κλιματικές συνθήκες. Για αυτήν την προσομοίωση θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό ENVI-met Student, το πιο δημοφιλές και αξιολογημένο λογισμικό μοντέλου μικροκλίματος που υπάρχει, που έχει την δυνατότητα να προσομοιώνει με ακρίβεια το εξωτερικό μικροκλίμα για οποιοδήποτε μέρος στη Γη.

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη, το πρώτο μέρος είναι θεωρητικό και περιέχει μία εισαγωγή στην έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού καθώς και μία σύντομη ιστορική αναδρομή, το δεύτερο μέρος αναφέρει τα βασικά χαρακτηριστικά του λογισμικού ENVI-met καθώς και τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και τέλος το τρίτο μέρος αποτελείται από τον αναλυτικό σχεδιασμό του κτιρίου στο λογισμικό και την ανάλυση, σχολιασμό και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί, ότι η συγκεκριμένη εργασία περιλαμβάνει στοιχεία προκειμένου να δώσει στον μηχανικό μία πρώτη ολοκληρωμένη εικόνα πάνω στον βιοκλιματικό σχεδιασμό και στο ENVI-met με εμβάθυνση σε ορισμένα σημεία και δεν είναι επαρκής για να καλύψει όλη τη θεωρία του συγκεκριμένου κλάδου.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη διπλωματική, με τον τρόπο που είναι δομημένη, απευθύνεται όχι μόνο στους μηχανικούς αλλά και σε κάθε αναγνώστη που θέλει να εξοικειωθεί με τις έννοιες και την λογική του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Abstract

The main objective of this dissertation is to simulate a microclimate model in an area around a bioclimatic building with the ultimate goal of studying on how buildings, vegetation and in general the materials and objects of the area affect the environmental and climatic conditions. This simulation will use the ENVI-met Student software, the most popular and evaluated microclimate model software available, which has the ability to accurately simulate the external microclimate for any place on Earth.

The project is divided into three main parts, the first part is theoretical and contains an introduction to the concept of bioclimatic design as well as a brief historical background, the second part mentions the basic features of ENVI-met software as well as the principles of bioclimatic design and finally, the third part consists of the detailed design of the building in the software and the analysis, commentary and evaluation of the simulation results.

It is also important to note that this work includes parts to give engineers a first complete picture of bioclimatic design and the ENVI-met in some depth and is not sufficient to cover the whole theory of the field.

Finally, it is worth noting that this project, in the way it is structured, is addressed not only to engineers but also to any reader who wants to get acquainted with the concepts and logic of bioclimatic design.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Εισαγωγή στον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό



1.1 Εισαγωγή στον Κλιματικό Σχεδιασμό

Η εύρεση κατάλληλων συνθηκών για την καλύτερη διαβίωση που ταυτόχρονα παρέχουν άνεση αποτελεί ανάγκη όλων των ζωντανών οργανισμών. Από τις προϊστορικές εποχές οι άνθρωποι έψαχναν καταφύγιο σε σπηλιές όχι μόνο για την ασφάλεια που παρείχαν από τις εξωτερικές απειλές όπως τα θηράματα αλλά και για τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούσαν στο εσωτερικό της. Μία σπηλιά διατηρεί σχετικά σταθερή θερμοκρασία που κυμαίνεται γύρω από τις ετήσιες μέσες θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να προστατεύει τους ανθρώπους από το σκληρό κρύο του χειμώνα και την υπερβολική ζέστη του καλοκαιριού.

Αυτή η συμπεριφορά, δηλαδή το να επιδιώκει κάποιος τις ιδανικότερες συνθήκες για πιο άνετη διαβίωση, δεν συναντάται μόνο στους ανθρώπους. Ένα καθημερινό χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συμπεριφορά των σκύλων, τα οποία ξαπλώνουν στον ήλιο κατά την χειμερινή περίοδο και το καλοκαίρι κάθονται στις σκιές. Η έμφυτη ανάγκη των ζωντανών οργανισμών να προσαρμόζονται στο περιβάλλον προκειμένου να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν οδήγησε τους ανθρώπους στην εύρεση τρόπων και μεθόδων για την επίτευξη συνθηκών άνεσης στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Αυτή η ανάγκη οδήγησε τον άνθρωπο να κατασκευάσει κατοικίες για να καλύψει τις προαναφερόμενες απαιτήσεις και κατ' επέκταση να σκεφτεί την έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

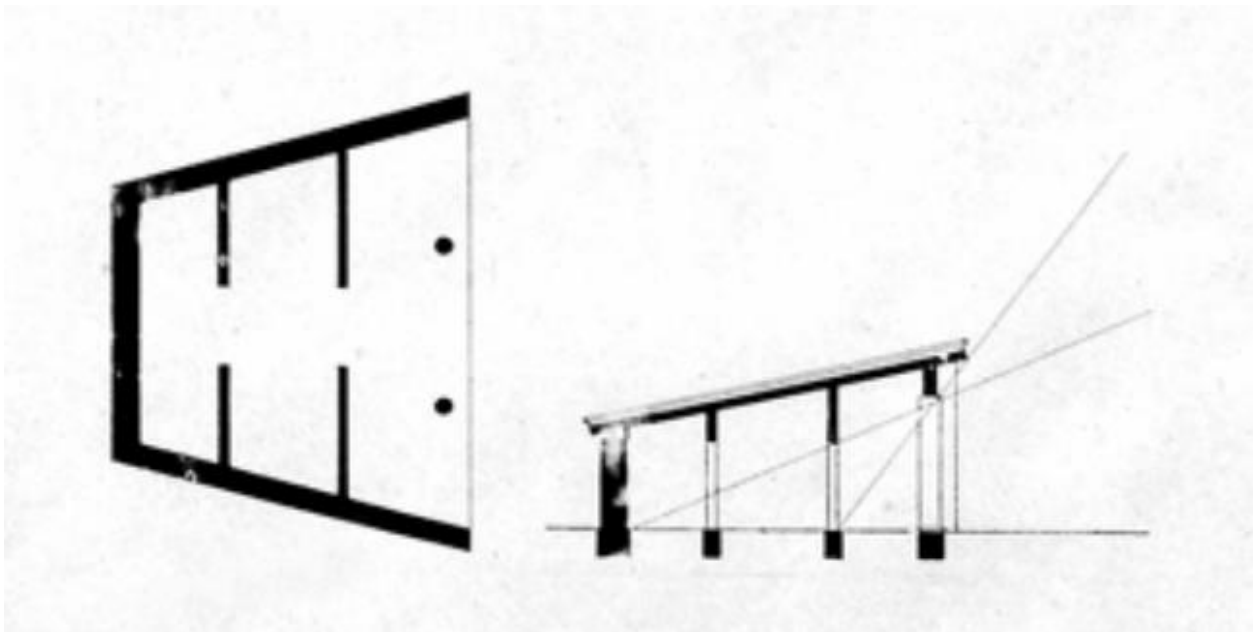
Η ικανότητα των κτιρίων να προσαρμόζονται στις διάφορες εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος σημαίνει ότι ο τρόπος σχεδιασμού διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Σε μία πολύ ψυχρή περιοχή χρειάζονται άλλα υλικά σε σχέση με μία θερμή περιοχή και στις δύο όμως περιοχές είναι επιθυμητό να υπάρχει ένας διαχωρισμός μεταξύ των εσωτερικών συνθηκών του κτιρίου και των εξωτερικών του περιβάλλοντος. Στο πολύ ψυχρό περιβάλλον το κτίριο πρέπει να έχει εσωτερικά ιδανική θερμοκρασία για τους κατοίκους ανεξάρτητα από το κρύο που επικρατεί εξωτερικά. Η ίδια λογική ισχύει και στο θερμό κλίμα.

Τα παραπάνω όμως δημιουργούν πολλά εύλογα ερωτήματα, όπως τι ανάγκες πρέπει να εξυπηρετεί ένα κτίριο, με ποιον τρόπο σχεδιάζεται ένα ιδανικό κτίριο, τι είναι βιοκλιματικός σχεδιασμός, ποιες είναι οι βασικές αρχές ενός βιοκλιματικού κτιρίου, ποια υλικά είναι κατάλληλα για αυτόν τον σχεδιασμό και πολλά άλλα. Πριν όμως απαντηθούν τα αυτά τα ερωτήματα είναι σημαντικό να γίνει μία σύντομη ιστορική αναδρομή πάνω τον κλιματικό σχεδιασμό, πότε και πως δηλαδή οι άνθρωποι άρχισαν να κατασκευάζουν κτίρια τα οποία προσαρμόζονταν στις κλιματικές αλλαγές.

1.1.α Ιστορική Αναδρομή

Η πρώτη αναφορά για μία κατοικία που παρέχει συνθήκες άνεσης γίνεται από τον Σωκράτη το 420 π.χ.. Ουσιαστικά πρόκειται για το πρώτο βιοκλιματικό σπίτι με κατάλληλο προσανατολισμό και ανοίγματα. Ο Σωκράτης αναφέρεται σε αυτό ως «Ηλιακό Σπίτι» και ορίζει την θερμική άνεση με ένα σπίτι που είναι ζεστό το χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι.

Παρακάτω φαίνεται σε πλάγια όψη χαρακτηριστικό παράδειγμα του ηλιακού σπιτιού του Σωκράτη.



Εικόνα 1.1 Το ηλιακό σπίτι του Σωκράτη το οποίο διαθέτει νότιο προσανατολισμό, αίθριο και μικρά ανοίγματα στο βόρα. Σύγχρονη απεικόνιση Γ.Π. Λάββα, ακαδημαϊκού.

Σε ψυχρότερα κλίματα που δεν υπήρχαν σπηλιές, οι άνθρωποι ξεκίνησαν να χτίζουν κτίρια με τεράστιο όγκο και πολύ βαριά υλικά, με χαρακτηριστικά παραδείγματα όλοι οι ναοί.

Σε θεαλλώδης περιοχές, τα κτίρια χτίζονταν για να αντιστέκονται στις κυρίαρχες κατευθύνσεις του ανέμου και σε βροχερές και χιονισμένες περιοχές οι οροφές κατασκευάζονταν με τέτοιο τρόπο ώστε να τα σπίτια να μην στάζουν, δηλαδή να μην υπάρχουν διαρροές.

Σκέπατοστρα συχνά κατασκευάζονταν για να παρέχουν προστασία από την βροχή και το χιόνι. Σήμερα υπάρχουν τα λεγόμενα umbrella structures, δηλαδή μία δομή με θεμέλιο ή αλλιώς λαβή, κολόνα ή κολόνες, ο λεγόμενος άξονας, και στέγη που συχνά αποκαλείται και θόλος.

Στην συνέχεια ακολουθούν εικόνες από τα παραπάνω παραδείγματα κτιρίων.



. **Εικόνα 1.2** Ο Ρωμαιοκαθολικός ναός Νοτρ Νταμ ντε Παρί ή αλλιώς η Παναγία των Παρισίων, χαρακτηριστικό παράδειγμα κτιρίου με τεράστιο όγκο. Εικόνα από την Wikipedia.

Στην συνέχεια ακολουθεί παράδειγμα κτιρίου σε περιοχή με μεγάλες ταχύτητες ανέμου στο Τεσλ, ένα βόρειο νησί στην Ολλανδία.



Εικόνα 1.3 Αγροτικό σπίτι στο Τεσλ της Ολλανδίας, παράδειγμα κατασκευής κτιρίου για αντοχή στις μεγάλες ταχύτητες του ανέμου. Εικόνα από το διαδίκτυο, Farm house Texel.

Παράδειγμα κτιρίου σε περιοχές που έχουν συχνές χιονοπτώσεις. Πρόκειται για αεροστεγανή κατασκευή που αποτρέπει τις διαρροές νερού.



Εικόνα 1.4 Κτίριο στο Μπέλφαστ της Βορείου Ιρλανδίας, μία πόλη με έντονες χιονοπτώσεις. Εικόνα από το διαδίκτυο.

Οι κατασκευές τύπου umbrella structure, μία σχετικά πρόσφατη δομή κτιρίου, με κύριο στόχο να παρέχει προστασία από την βροχή και το χιόνι παρέχοντας ταυτόχρονα συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό της.



Εικόνα 1.5 Η Ολυμπιακή πισίνα στο Μόναχο της Γερμανίας, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα umbrella structure. Εικόνα από το διαδίκτυο.

Το 1951 οι αδερφοί Aladar και Victor Olgyay εισήγαγαν στην πράξη την έννοια του αθερμικού κτιρίου και μια βιοκλιματική προσέγγιση στο σχέδιο. Τόνισαν την σημασία της λειτουργίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ο ήλιος, το νερό και ο αέρας.

Το 1991 ο Wolfgang Feist και ο Bo Adamson κατασκεύασαν το πρώτο παθητικό κτίριο στον κόσμο στο Darmstadt-Kranichstein της Γερμανίας ακολουθώντας της ιδέα ενός κτιρίου χωρίς θέρμανση με γνώμονα τα κριτήρια άνεσης.



Εικόνα 1.6 Το πρώτο παθητικό κτίριο που κατασκευάστηκε. Φωτογραφία από τον Wolfgang Feist.

Πλέον η τεχνολογία του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ευρέως διαδεδομένη με όλο και περισσότερα βιοκλιματικά ή παθητικά κτίρια να χτίζονται ή να ανακαινίζονται κάθε χρόνο. Στον σχεδιασμό και στην κατασκευή τους κύριαρχο ρόλο έχει η φιλοδοξία να επιτευχθεί μία αρμονία μεταξύ της αρχιτεκτονικής κατασκευής και του γύρω περιβάλλοντος χώρου. Τα σύγχρονα κτίρια εστιάζουν στην ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, στις ιδανικές εσωτερικές συνθήκες για τους ανθρώπους στο εσωτερικό, προφανώς στην προστασία και αντοχή από εξωτερικούς παράγοντες όπως οι σεισμοί και στην αρχιτεκτονική αισθητική τους. Χρησιμοποιώντας δομικά υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, τα βιοκλιματικά κτίρια αποτελούν αναμφισβήτητα το μέλλον και λύση στο μείζονος σημασίας σύγχρονο ζήτημα της ενεργειακής κατανάλωσης, ένα πρόβλημα που απασχολεί σε πολύ μεγάλο βαθμό την ανθρωπότητα. Πως ορίζεται όμως επιστημονικά ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και ποιες είναι οι βασικές αρχές του;

1.1.β Ορισμός του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Με τον όρο **Βιοκλιματικό Σχεδιασμό** ορίζεται ο σχεδιασμός ενός κτιρίου σύμφωνα με τον οποίο ο σχεδιαστής λαμβάνει υπόψιν το κλίμα κάθε περιοχής με στόχο την εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών, όπως η θερμική και οπτική άνεση, η ποιότητα αέρα κτλ, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας, ο άνεμος, το νερό και το έδαφος.

Από τον ορισμό και γενικότερα από τα παραπάνω είναι ξεκάθαρο ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τις απαιτήσεις του κτιρίου όπως η θέρμανση, η ψύξη και ο φωτισμός. Μερικές από τις τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού οι οποίες θα αναλυθούν στην συνέχεια.

Όπως φαίνεται και από την ονομασία του, που περιέχει τις λέξεις βίος και κλίμα είναι μια προσέγγιση στο σχεδιασμό κτιρίων και τοπίου που βασίζεται στο τοπικό κλίμα για καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Χρησιμοποιώντας τον όρο βιοκλιματικός, ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός συνδέεται με τη φυσιολογική και ψυχολογική ανάγκη για υγεία και άνεση. Υιοθετώντας βιοκλιματικές προσεγγίσεις, ο σχεδιαστής προσπαθεί να δημιουργήσει συνθήκες άνεσης στα κτίρια κατανοώντας το μικροκλίμα και τις στρατηγικές σχεδιασμού που προκύπτουν που περιλαμβάνουν φυσικό αερισμό, φωτισμό ημέρας και παθητική θέρμανση και ψύξη. Η προϋπόθεση του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ότι τα κτίρια χρησιμοποιούν φυσική θέρμανση, ψύξη και φως ημέρας σύμφωνα με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και με αυτόν τον τρόπο είναι πιο αποδοτικά. Σε καμία όμως περίπτωση δεν θα πρέπει έννοιες όπως η ανθεκτικότητα του κτιρίου να υποσκιαζονται και εν τέλει να παραμελούνται για καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Ο ανθεκτικός σχεδιασμός είναι μια επέκταση του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Προσθέτει προληπτικά μέτρα για την παροχή υγείας και ασφάλειας για την προετοιμασία για φυσικές καταστροφές, συμπεριλαμβανομένων ακραίων και αιγίδων και άλλων.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως η πλήρης ανεξαρτησία μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού ενός κτιρίου δεν είναι πάντα επιθυμητή. Η γραμμή που διαχωρίζει το εσωτερικό με το εξωτερικό σε μία κατασκευή ονομάζεται **φάκελος κτιρίου** (building envelope) και ο κύριος στόχος του είναι να αποτρέψει τις ανεπιθύμητες εξωτερικές συνθήκες να επηρεάσουν το εσωτερικό ενός κτιρίου. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους απομόνωσης μεταξύ των δύο περιβάλλοντων.

Υπάρχουν τρία βασικά είδη διαχωρισμού του εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος σε ένα σύστημα. Είναι :

- Μέγιστος Διαχωρισμός (Maximum Separation)
- Μεσαίος Διαχωρισμός (The 'Middle' Way)
- Επιλεκτικός Έλεγχος (Selective Control)

Ο μέγιστος διαχωρισμός έχει νόημα όταν το εξωτερικό περιβάλλον έχει ακραίες συνθήκες οι οποίες δεν είναι κατάλληλες για τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα το διάστημα. Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η στολή του αστροναύτη και το υποβρύχιο. Η στολή του αστροναύτη προσφέρει πλήρη προστασία και απομόνωση από τις ακραίες συνθήκες που επικρατούν στο διάστημα, όπως η χαμηλή θερμοκρασία, η ακτινοβολία και η υποπίεση. Όμοια και στο υποβρύχιο, αν υπήρχε κάποιο άνοιγμα που δεν επέτρεπε τον πλήρη διαχωρισμό μεταξύ του εσωτερικού του υποβρυχίου και της θάλασσας, είναι προφανές πως θα γέμιζε νερό. Τα κτίρια ωστόσο σχεδόν ποτέ δεν έρχονται σε επαφή σε τέτοιου είδους περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα πιο κοντινά παραδείγματα κτιρίων που προσεγγίζουν σε κάποιο βαθμό τον φάκελο κτιρίου με μέγιστο διαχωρισμό περιορίζονται σε κτίρια που έχουν κατασκευαστεί στην Ανταρκτική, στην Γροιλανδία ή σε κάποιο ψηλό βουνό στο οποίο να επιτρατούν οι παραπάνω περιβαλλοντικές συνθήκες. Ακόμα και σε δυσμενείς κλιματικές συνθήκες ο πλήρης διαχωρισμός σπάνια είναι επιθυμητός ή αναγκαίος, διότι πάντα είναι επιθυμητό να υπάρχει μια αλληλεπίδραση έστω και μικρή μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Εξάλου ο πλήρης διαχωρισμός δεν είναι πρακτικά εφικτός, πάντα θα υπάρχει μια συναλλαγή ενέργειας όσα επίπεδα μόνωσης και να υπάρχουν. Το ίδιο ισχύει και για τον αέρα.

Ο επιλεκτικός διαχωρισμός είναι μία έννοια που συναντάται συχνά στην καθημερινότητα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ομπρέλα ή το αδιάβροχο που φοράει ένα άτομο. Όταν δεν βρέχει δεν υπάρχει κάποιος πρακτικός λόγος να τα φορέσει ένα άτομο, συνεπώς τα έχει μέσα στην τσάντα του. Στην περίπτωση που αρχίσει να βρέχει, το άτομο εφόσον αντιληφθεί την εξωτερική περιβαλλοντική αλλαγή, φοράει το αδιάβροχο ή ανοίγει την ομπρέλα του. Όταν η βροχή τελειώσει και βγει ο ήλιος, τότε αφού αντιληφθεί ξάνα την μετάβολή στον καιρό βγάζει το αδιάβροχο ή κλείνει την ομπρέλα. Η συμπεριφορά του ατόμου να προσαρμόζεται στις διάφορες κλιματικές αλλαγές είναι βασική αρχή για την εύρεση των βέλτιστων συνθηκών, διότι αν φορούσε συνέχεια το αδιάβροχο ήταν πολύ πιθανόν να ζεσταίνονταν όταν είχε ήλιο. Από την άλλη αν δεν φόραγε καθόλου το αδιάβροχο κατά την διάρκεια της βροχής θα είχε βραχεί και ενδεχομένως να κρύωνε. Αυτή η λογική είναι σημαντική προκειμένου να επιτευχούν ικανοποιητικές εσωτερικές συνθήκες, ο επιλεκτικός διαχωρισμός ανάλογα με τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες είναι κατάλληλος διότι το κλίμα σε μία περιοχή δεν είναι σταθερό αλλά αλλάζει κατά την διάρκεια του χρόνου.

Ο μεσαίος διαχωρισμός, όπως αναφέρει και το ονομά του, είναι κάτι ενδιάμεσο. Η τεράστια πλειοψηφία των κτιρίων κατασκευάζονται με τέτοιον τρόπο ώστε να χρησιμοποιούν τις αρχές και από τα δύο παραπάνω είδη διαχωρισμού προκειμένου να πετύχουν τις επιθυμητές εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Με τον συνδυασμό αυτό δημιουργείται ένα φάκελος κτιρίου με πολύ καλές ενεργειακές αποδόσεις αλλά και ιδανικές εσωτερικές συνθήκες άνεσης.

Επομένως το είδος του κτιριακού φακέλου (ή φάκελου κτιρίου) που συνήθως συναντάται είναι ο μεσαίος διαχωρισμός. Αυτό θα επιτευχθεί με κουφώματα (παράθυρα) τα οποία θα πρέπει να έχουν κατάλληλο μέγεθος για να μην υπάρχουν κίνδυνοι υπερθέρμανσης το καλοκαίρι ή ψύξης το χειμώνα. Εκτός της θερμοκρασίας υπάρχουν και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Μερικοί είναι ο εξωτερικός ήχος, για παράδειγμα σε μία πόλη που επικρατεί φασαρία είναι σημαντικό να υπάρχει ηχομόνωση, ο αέρας και άλλα. Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται αναλυτικά οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και ποια στοιχεία του φακέλου του κτιρίου τα ελέγχουν.

Περιβαλλοντικός Παράγοντας	Σύστημα ελέγχου Φακέλου Κτιρίου
Νερό	Στεγανοποίηση / Αποχέτευση / Διάχυση Ατμών
Θερμότητα	Έλεγχος Μετάδοσης Θερμότητας
Αέρας	Αεροστεγανότητα / Αερισμός
Ηλιακή Ακτινοβολία	Φως / Θερμότητα
Ήχος	Ηχομόνωση
Φωτιά	Πυροπροστασία
Ασφάλεια	Μόνωση Κρούσης

Πίνακας 1.1 Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και τα αντίστοιχα συστήματα ελέγχου του Φακέλου του κτιρίου που τα ελέγχουν. Στοιχεία από το βιβλίο «*Climate Adaptability of Buildings Bioclimatic Design in the Light of Climate Change*» της βιβλιογραφίας.

Στην συνέχεια θα ακολουθήσουν τα βασικά συστήματα που απαρτίζεται ένα κτίριο καθώς και οι βασικές τους λειτουργίες.

1.2 Εισαγωγή στα κτίρια

1.2.α Τα συστήματα ενός κτιρίου

Ένα σημαντικό κομμάτι του κτιρίου είναι τα συστήματα από τα οποία αποτελείται η κατασκευή. Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι ο κύριος στόχος των κτιρίων είναι να παρέχουν καταφύγιο και προστασία στον άνθρωπο. Για αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητο να είναι ικανά να αντέχουν τις διάφορες καταπονήσεις. Εκτός από την αντοχή έχει προαναφερθεί ότι πρέπει να παρέχουν έναν διαχωρισμό μεταξύ των εξωτερικών μη ιδανικών περιβαλλοντικών συνθηκών και των εσωτερικών με σκοπό την επίτευξη των ιδανικότερων συνθηκών άνεσης και γενικότερα την καλύτερη απόδοση του κτιρίου. Τέλος ένα κτίριο χρειάζεται να περιέχει μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών όπως ο αερισμός, ο φωτισμός, η θέρμανση και άλλα.

Επομένως γίνεται φανερό πως υπάρχουν διάφορα συστήματα σε ένα κτίριο, με το καθένα από αυτά να έχει τον δικό του μοναδικό στόχο. Τα συστήματα ενός κτιρίου και γενικότερα μιας κατασκευής μπορούν να παρομοιαστούν με τα συστήματα του ανθρώπινου σώματος. Στο ανθρώπινο σώμα κάθε σύστημα έχει τον δικό αποκλειστικό ρόλο, για παράδειγμα το αναπνευστικό χρησιμεύει στην πρόσληψη του ατμοσφαιρικού αέρα από το περιβάλλον, την εισαγωγή του στους πνεύμονες, την παραλαβή του οξυγόνου από αυτόν και την απόδοση σε αυτόν του διοξειδίου του άνθρακα ενώ το πεπτικό έχει τελείως διαφορετική λειτουργία.

Τα συστήματα από τα οποία αποτελείται ένα κτίριο είναι:

- Το δομικό σύστημα (Structural system)
- Το σύστημα κελύφους/περιβλήματος (Enclosure system)
- Το σύστημα εξυπηρέτησης (Service system)

Το δομικό σύστημα παρέχει στο κτίριο αντοχή και ανθεκτικότητα στα φορτία της βαρύτητας και στα πλευρικά φορτία όπως ο σεισμός και ο άνεμος. Δίνει την δυνατότητα να γίνει η εφαρμογή του συστήματος κελύφους αφού το δεύτερο κατασκευάζεται πάνω στο πρώτο. Συνήθως κατασκευάζεται με φιλιγκρανική δομή (filigree structure), με στερεή συμπαγής δομή (solid structure), με πνευματικά σταθεροποιημένη δομή (pneumatically stabilised structure) ή με κάποιον συνδυασμό των παραπάνω. Το δομικό σύστημα είναι σαν το σκελετικό και το μυϊκό σύστημα στον άνθρωπο, παρέχουν στήριξη, αντοχή και πάνω στα οποία σταθεροποιούνται τα υπόλοιπα συστήματα. Το σύστημα κελύφους παρέχει τον περιβαλλοντικό διαχωρισμό μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού και καθορίζει τον σχηματισμό των συνθηκών του εσωτερικού

περιβάλλοντος. Το σύστημα κελύφους είναι πάρα πολύ σημαντικό διότι αυτό ουσιαστικά βοηθάει στην επίτευξη των εσωτερικών συνθηκών άνεσης και γενικά στην απόδοση της κατασκευής. Είναι το αντίστοιχο καλυπτήριο σύστημα στο ανθρώπινο σώμα που περιλαμβάνει τις τρίχες, τα μαλλιά, τα νύχια και το δέρμα, το οποίο παρέχει διαχωρισμό μεταξύ του εσωτερικού σώματος από το περιβάλλον με αποτέλεσμα να προστατεύει στο σώμα αφού δεν επιτρέπει να περάσουν μικρόβια στο εσωτερικό. Σε σχέση με το δομικό σύστημα ενσωματώνεται σε στερεές και πνευματικά σταθεροποιημένες δομές, εφαρμόζεται σε συμπαγής δομές, είναι ξεχωριστά σε φιλιγκρανικές δομές ή είναι συνδυασμός των παραπάνω. Το σύστημα εξυπηρέτησης αποτελεί όλα τα μηχανολογικά και ηλεκτρικά συστήματα του κτιρίου καθώς και συστήματα αυτοματισμού κτιρίων (BAS, Building Automation System). Βοηθάει το σύστημα κελύφους να παρέχει άνεση στους κατοίκους αλλά χρειάζεται ενέργεια για να μπορεί να λειτουργήσει. Είναι εξαρτημένο από το σύστημα κελύφους και παρέχει αυτοματισμού και φαινομενικά συνεχόμενη λειτουργία στους εσωτερικούς χώρους. Είναι αντίστοιχα το καρδιαγγειακό, το αναπνευστικό, το πεπτικό και το νευρικό σύστημα στο ανθρώπινο σώμα. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται συνοπτικά τα συστήματα ενός κτιρίου μαζί με κύρια χαρακτηριστικά τους.

Σύστημα Κτιρίου	Κύρια χαρακτηριστικά	Αντιστοιχά στον άνθρωπο
Δομικό Σύστημα	Αντοχή στα φορτία: Βαρύτητας, Πλευρικά	Σκελετικό Σύστημα Μυϊκό Σύστημα
Σύστημα Κελύφους	Περιβαλλοντικός Διαχωρισμός, Διαμόρφωση Εσωτερικών Συνθηκών, Επίτευξη Συνθηκών Άνεσης	Καλυπτήριο Σύστημα
Σύστημα Εξυπηρέτησης	Μηχανολογικά και Ηλεκτρικά Συστήματα, Βοηθάει το Σύστημα Κελύφους, Απαιτεί Ενέργεια.	Καρδιαγγειακό Σύστημα, Αναπνευστικό Σύστημα, Πεπτικό Σύστημα, Νευρικό Σύστημα

Πίνακας 1.2 Τα συστήματα ενός κτιρίου. Δεδομένα από το πρώτο βιβλίο της βιβλιογραφίας.

1.2.β Τα κτίρια και η ενέργεια

Οι σύγχρονες κοινωνίες, προκειμένου να μπορέσουν να λειτουργήσουν, στηρίζονται στη συνεχή παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Συνεπώς η ενέργεια είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους αν όχι η πιο σημαντική. Η ενέργεια σε μορφή θερμότητας είναι πιθανόν η πιο χρήσιμη ως προς την επιβίωση του ανθρώπινου είδους, διότι χωρίς αυτήν δεν θα μπορούσε ο άνθρωπος να επιβιώσει τις μακροχρόνιες περιόδους που η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι πολύ σε χαμηλές τιμές. Μία φυσική πηγή θερμότητας είναι ο ήλιος, ωστόσο αυτή η πηγή δεν αρκεί για τους κρύους μήνες του χειμώνα. Ο άνθρωπος στην προσπάθειά του να επιβιώσει και να αναπτυχθεί αναγκάστηκε να εφεύρει τρόπους για να παραμένει ζεστός και στις περιόδους αυτές.

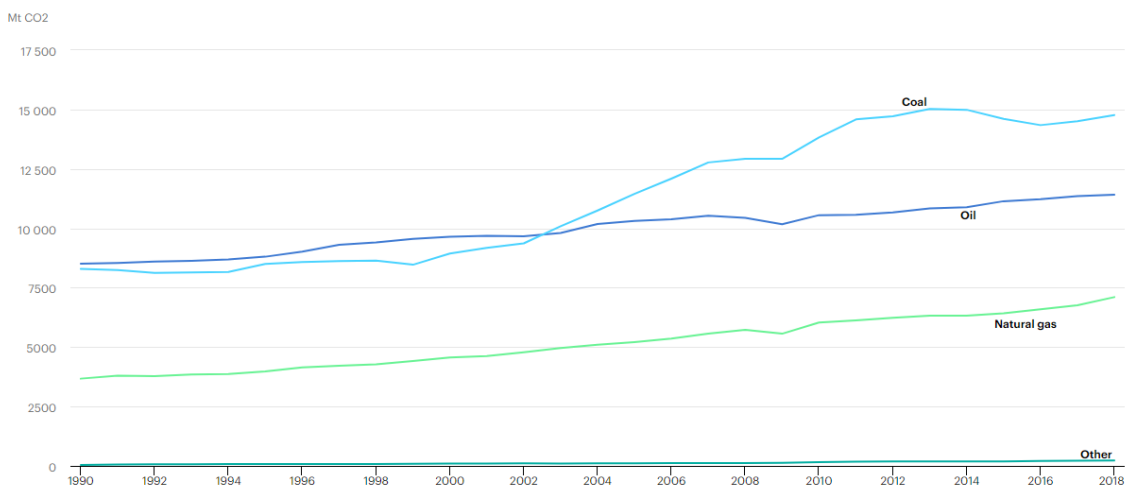
Τα δύο πιο απλά παραδείγματα είναι τα ρούχα που κατασκεύασε και τα κτίρια, δύο πράγματα που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα. Τα ρούχα όμως είναι πολύ απλά στην χρήση τους. Όταν κατασκευαστούν είναι έτοιμα για χρήση και δεν χρειάζονται κάποια κατανάλωση ενέργειας για να είναι αποτελεσματικά παρά μόνο όταν υπάρξει κάποια φθορά που πρέπει να επιδιορθωθεί. Τα κτίρια από την άλλη απαιτούν την διαρκή κατανάλωση ενέργειας πέρα από τις πιθανές φθορές για να είναι αποδοτικά και αποτελεσματικά. Ένα μεγάλο ποσοστό από την ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων.

Τα ορυκτά καύσιμα μπορεί να είναι πολύ αποδοτικά ως προς την θερμογόνο δύναμη τους H_u τους όμως η συνεχής καύση τους αυξάνει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου GHG και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα CO_2 . Συγκεκριμένα την σημερινή εποχή το 80% περίπου των εκπομπών του CO_2 είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Για λόγους πληρότητας αναγράφονται παρακάτω βασικά αέρια του θερμοκηπίου των οποίων οι συγκεντρώσεις μετά τη βιομηχανική επανάσταση άρχισαν να αυξάνονται σε επικίνδυνα επίπεδα με αποτέλεσμα το γνωστό Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.

Τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου είναι:

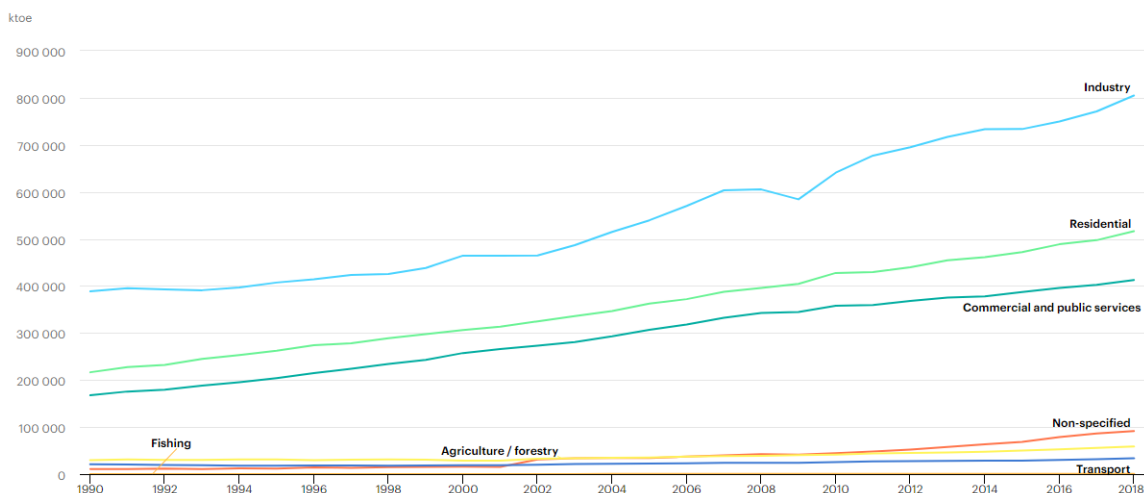
- ο Υδρατμός (H_2O)
- το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)
- το Μεθάνιο (CH_4)
- το Οξείδιο του Αζώτου (N_2O)
- το Όζον (O_3)
- οι Φθοροχλωράνθρακες (CFCs)

Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ από κάθε πηγή ενέργειας από το 1990 με 2018



Εικόνα 1.7 Οι συνολικές εκπομπές CO₂ τα τελευταία χρόνια, δεδομένα από την επίσημη ιστοσελίδα της IEA.

Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε τομέα από το 1990 με 2018



Εικόνα 1.8 Οι συνολικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια ανά τομέα, δεδομένα από την επίσημη ιστοσελίδα της IEA.

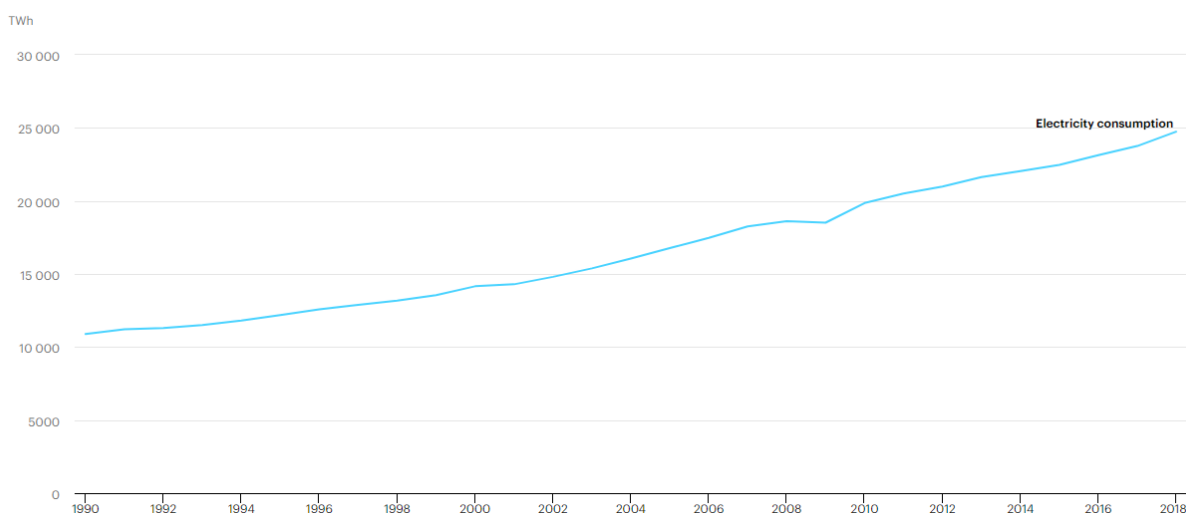
Εφόσον η χρήση της ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την σύγχρονη κοινωνία είναι απαραίτητη η σωστή διαχειρισή της. Σε παγκόσμιο επίπεδο σύμφωνα με την IEA το 30% της

συνολικής χρησιμοποιημένης ενέργειας αφορούσε κτίρια όλων των ειδών (κατοικίας, βιομηχανίας κτλ) και στις ανεπτυγμένες χώρες το ποσοστό αυτό αγγίζει το 40%.

Σε γενικά πλαίσια η παγκόσμια ενεργειακή απαίτηση σύμφωνα με την IEA το 2018 είναι 9,383 Mtoe (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), δηλαδή ένα πολύ μεγάλο ποσό. Υπάρχει ωστόσο σημαντική διαφορά στις ενεργειακές ανάγκες από χώρα σε χώρα, για παράδειγμα οι ανεπτυγμένες χώρες με υψηλά επίπεδα βιομηχανίας έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις από αναπτυσσόμενες χώρες με υψηλά επίπεδα γεωργίας.

Από το 1970 μέχρι σήμερα υπάρχει τεράστια αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων. Ένας παράγοντας στον οποίο οφείλεται αυτή η αύξηση είναι η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού τα τελευταία χρόνια με άμεση συνέπεια την ανάγκη για περισσότερα κτίρια και γενικότερα περισσότερες ενεργειακές ανάγκες.

Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το 1990 με 2018



Εικόνα 1.9 Οι συνολικές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια, δεδομένα από την επίσημη ιστοσελίδα της IEA.

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καθώς και η αύξημενη κατανάλωση που έχει η βιομηχανία και τα κτίρια **Εικόνα 1.8**. Είναι επομένως σημαντικό να χρησιμοποιούνται περισσότερο οι ΑΠΕ, δηλαδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σήμερα περίπου το 80% της ενέργειας παράγεται από ορυκτά καύσιμα και μόνο το 20% από REN και πυρηνική ενέργεια. Αυτή η αναλογία πρέπει να αλλάξει διότι σύμφωνα με τα παραπάνω η μαζική καύση ορυκτών καυσίμων έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον με τις αυξημένες εκπομπές CO₂.

Με στόχο ένα καλύτερο ενεργειακό μέλλον, είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει η υπόθεση ότι οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες θα αυξηθούν, λόγω της περαιτέρω αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, της βιομηχανίας και της μαζικής αστικοποίησης. Είναι δύσκολο να γίνει πρόβλεψη για το πόσο θα αυξηθεί η ζήτηση μιας και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως κοινωνικοί, πολιτικοί, δημογραφικοί και τεχνολογικοί.

Έχει αναφερθεί ήδη πως τα κτίρια έχουν σημαντικό μερίδιο στην συνολική κατανάλωση ενέργειας, συγκεκριμένα γύρω στο 40% σε Ευρώπη και ΗΠΑ με περιοχές όπως η Σιγκαπούρη να έχει μεγαλύτερο που κυμαίνεται στο 53%. Τα ποσοστά είναι τόσο υψηλά κυρίως γιατί καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας για την δημιουργία ιδανικών εσωτερικών συνθηκών άνεσης αλλά και λόγω της αστικοποίησης.

Με τους σημερινούς ρυθμούς αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού υπολογίζεται πως το 2050 θα κατοικούν στον πλανήτη πάνω από 9 δισεκατομμύρια άνθρωποι επομένως είναι σίγουρο πως οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων θα αυξηθούν ανάλογα.

Παγκόσμια Πρόβλεψη Πληθυσμού (2020-2050)

Χρονολογία	Πληθυσμός	Αστικός Πληθυσμός
2020	7.794.798.739	4.378.993.944
2025	8.184.437.460	4.774.646.303
2030	8.548.487.400	5.167.257.546
2035	8.887.524.213	5.555.833.477
2040	9.198.847.240	5.938.249.026
2045	9.481.803.274	6.312.544.819
2050	9.735.033.990	6.679.756.162

Πίνακας 1.3 Παγκόσμια Πρόβλεψη Πληθυσμού από το 2020 μέχρι το 2050. Δεδομένα από την ιστοσελίδα *Worldometer*.

1.3 Είδη ενεργειακών κτιρίων

Ειδικά σε περιοχές όπως η Ινδία και η Αφρική θα υπάρξει τεράστια αύξηση για αυτό είναι σημαντικό να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται κτίρια τα οποία θα έχουν μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις. Πρόκειται για τα Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας ή αλλιώς ΚΣΜΚΕ ή nZEB στα Αγγλικά. Μία τεχνολογία που αυξάνει την κατανάλωση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και προσφέρει μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα κτίρια.

Πρόκειται για μία τεχνολογία που φιλοδοξεί να μειώσει τα αέρια του θερμοκηπίου μέχρι και 40% σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του 1990. Τι είναι όμως το Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας;

1.3.α Ορισμός ΚΣΜΚΕ

Κτίριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας ή αλλιώς ΚΣΜΚΕ είναι ένα κτίριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, περιλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου.

Τα ΚΣΜΚΕ δεν συμβάλλουν μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά δημιουργούν τις βάσεις για μία καλύτερη ποιότητας ζωής αφού διατηρούν στο εσωτερικό τους ιδανικές συνθήκες υγιεινής.

Επόμενο βήμα μετά τα nZEB είναι τα κτίρια θετικής ενέργειας positive energy buildings (PEB) και τα Energy-plus buildings. Πρόκειται για κτίρια που όχι μόνο καλύπτουν τις ενεργειακές του ανάγκες αλλά παράγουν παραπάνω ενέργεια από όση χρειάζονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτή η προσέγγιση σε ένα κτίριο γενικά ονομάζεται PlusEnergy.

Μία ειδική κατηγορία ΚΣΜΚΕ είναι το Παθητικό Κτίριο ΠΚ ή Passive House PH στα Αγγλικά. Μία τεχνολογία κτιρίου που τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και πιο δημοφιλή. Στην συνέχεια δίνεται ο επίσημος ορισμός του ΠΚ.

1.3.β Ορισμός Παθητικού Κτιρίου

Το παθητικό κτίριο είναι ένα κτίριο στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730) εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για την σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας του αέρα.

Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή, τα Παθητικά Κτίρια διατηρούν όλο το χρόνο μια άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια θερμαίνονται με παθητικό τρόπο όπως αναφέρει και το όνομά τους, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό. Τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο κατάλληλος σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες θα παραμείνουν όλο το χρόνο, σε σταθερά και ευχάριστα επίπεδα.

Ένα Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από ένα αντίστοιχο συμβατικό. Η περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και έτσι το Παθητικό Κτίριο συμβάλλει θετικά στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι ικανότητες τους να καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια και να παρέχουν ευχάριστες εσωτερικές συνθήκες είναι ανεξάρτητες από το κλίμα και την περιοχή.

Συνοψίζοντας το ΠΚ έχει:

- Μεγάλη Αποδοτικότητα
- Μακροχρόνια Βιωσιμότητα
- Περισσότερη Οικονομία
- Μεγαλύτερη Άνεση

Το ΠΚ ακολουθεί τις παρακάτω πέντε βασικές αρχές:

- Μόνωση
- Αερισμός με Ανάκτηση Ενέργειας
- Παράθυρα
- Αεροστεγανότητα
- Θερμογέφυρες

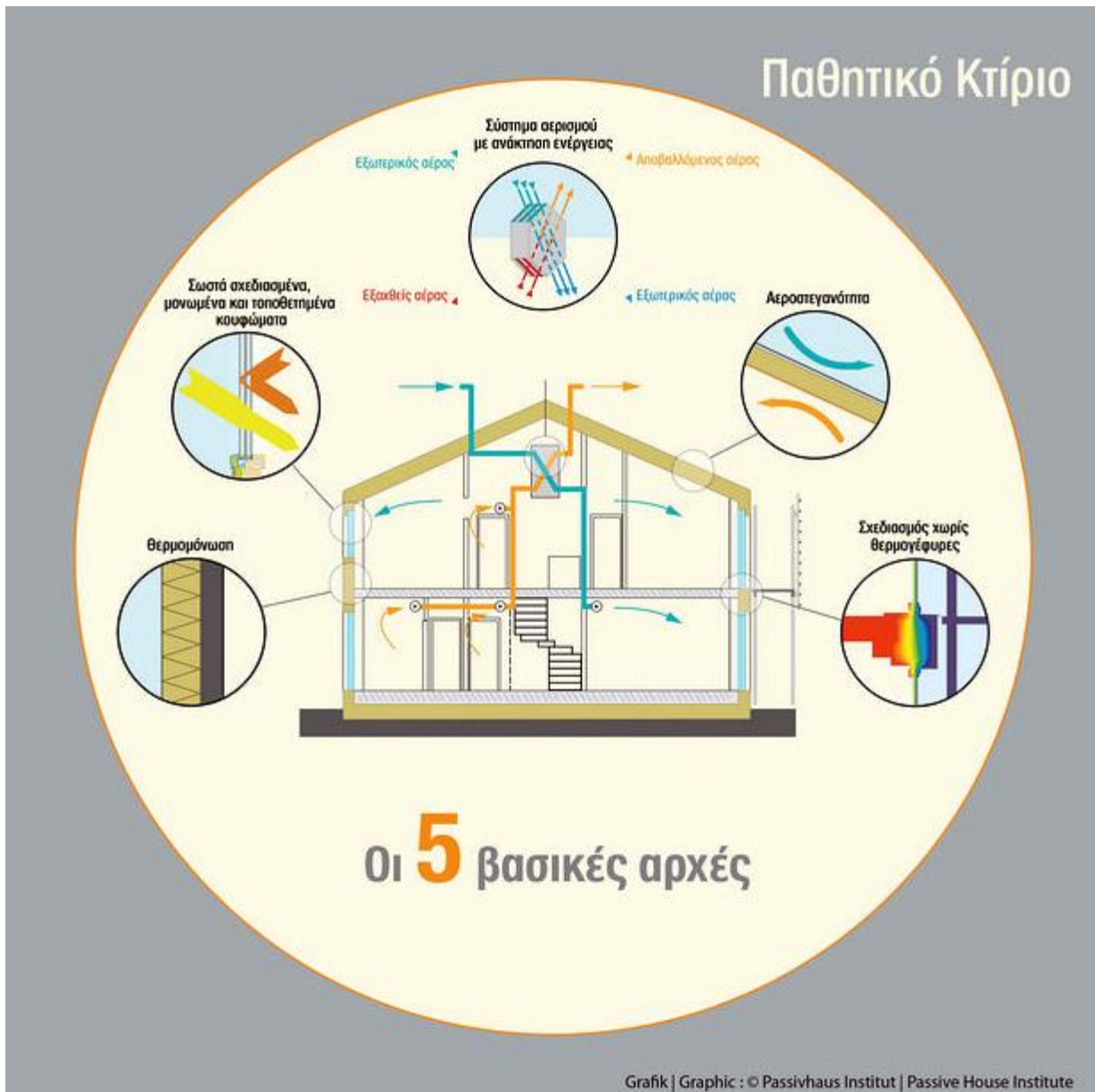
Το **υψηλό επίπεδο θερμομόνωσης** είναι πολύ σημαντικό διότι ένα σωστά μονωμένο κτιριακό κέλυφος, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, διατηρεί τη ζέστη μέσα στο κτίριο, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζει να εισέλθει μέσα σε αυτό.

Τα **σωστά σχεδιασμένα, μονωμένα και τοποθετημένα κουφώματα** συμμετέχουν στη βέλτιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών.

Ο **σχεδιασμός χωρίς θερμογέφυρες** και γενικότερα η ελαχιστοποίηση θερμογεφυρών και ασθενών σημείων στο κτιριακό κέλυφος, συνεισφέρει στη δημιουργία ευχάριστης και σταθερής θερμοκρασίας, ενώ εξαλείφει τις φθορές από την υγρασία, ενώ αυξάνει την ενεργειακή απόδοση.

Η **αεροστεγανότητα κτιριακού κελύφους** σημαίνει πως τα Παθητικά κτίρια είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγονται οι διαρροές αέρα στο κτιριακό κέλυφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση και να εμποδίζεται η εμφάνιση ρευμάτων αέρα και φθορών από την υγρασία.

Τέλος το **σύστημα αερισμού με μέγιστη απόδοση στην ανάκτηση ενέργειας** παρέχει καθαρό αέρα, απαλλαγμένο από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας και με έλεγχο της υγρασίας.



Εικόνα 1.10 Οι πέντε βασικές αρχές ενός Παθητικού Κτιρίου. Εικόνα από την ιστοσελίδα του ΕΙΠΑΚ.

Συνοπτικά τα κριτήρια του Παθητικού Κτιρίου είναι:

- Ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Θερμικό φορτίο του κτιρίου $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
- Χρήσιμες ανάγκες ψύξης $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Απαιτήση πρωτογενούς ενέργειας $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Αεροστεγανότητα $\leq 0.6 \text{ ACH}$
- Συχνότητα υπερθέρμανσης $\leq 10\%$

Σε περίπτωση ανακαίνισης κτιρίου το κριτήριο Αεροστεγανότητας μπορεί να είναι πιο ελαστικό και να είναι ≤ 1 [εναλλαγές αέρα]/h.

Παραπάνω στις βασικές αρχές ενός ΠΚ αναφέρθηκε ο όρος της θερμογέφυρας. Παρακάτω δίνεται ο ακριβής ορισμός.

1.3.γ Ορισμός Θερμογέφυρας

Ως Θερμογέφυρα (Thermal Bridge) ορίζεται μία περιοχή του κελύφους ενός κτηρίου, στην οποία η ροή θερμότητας είναι διαφορετική, συνήθως αυξημένη, σε σύγκριση με τις γειτονικές περιοχές του περιβλήματος.

Συνήθως θερμογέφυρες υπάρχουν σε γωνίες ή γενικότερα σε σημεία που αλλάζει η γεωμετρία και σε περιοχές ή σημεία που αλλάζει το υλικό. Με άλλα λόγια οι θερμογέφυρες εντοπίζονται σε σημεία που υπάρχει μια ασυνέχεια. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι θερμογέφυρες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

- Κατασκευαστικές Θερμογέφυρες
- Γεωμετρικές Θερμογέφυρες
- Συνδυασμός των δύο

Επιπρόσθετα ανάλογα με το μεγεθός τους μπορούν να κατηγοροποιηθούν σε:

- Γραμμικές Θερμογέφυρες
- Σημειακές Θερμογέφυρες

Ουσιαστικά οι Θερμογέφυρες είναι τα «αδύναμα» σημεία ή περιοχές του κτιρίου και είναι σημαντικό να ελαχιστοποιούνται πάντα προκειμένου να μην δημιουργούνται προβλήματα στο κτίριο.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Εισαγωγή στο λογισμικό ENVI-met





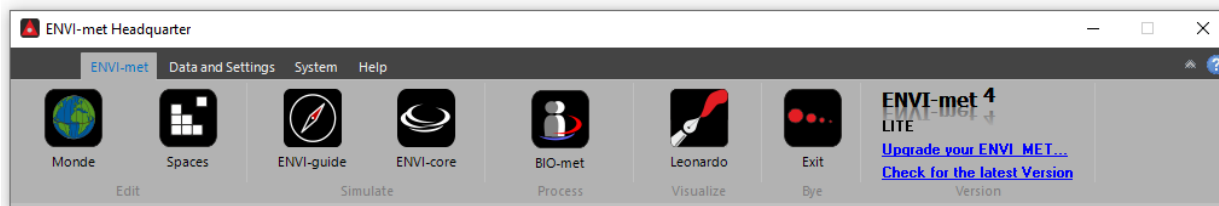
2.1 Το λογισμικό ENVI-met

Το ENVI-met είναι πρακτικά ένα μοντέλο μικροκλίματος. Πρόκειται για ένα λογισμικό το οποίο εστιάζει στον σχεδιασμό και στην δημιουργία αστικών περιβαλλόντων με απώτερο σκοπό την επίτευξη των βέλτιστων βιώσιμων συνθηκών διαβίωσης. Απαρτίζεται από διαδραστικά εργαλεία, τα οποία παραθέτονται και αναλύονται στην συνέχεια, που συνολικά επιτρέπουν την αποδοτικότερη ανάλυση και έλεγχο για κάθε διαφορετικό σενάριο του μικροκλίματος αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Με εργαλεία σχεδιασμού και επεξεργασίας του χώρου και των αντικειμένων που τον αποτελούν, καθώς και εργαλεία για την προσομοίωση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων και τέλος την συνολική απεικόνιση των αποτελεσμάτων με οπτικοποιημένες μεθόδους, το ENVI-met αποτελεί ένα από το πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιημένα προγράμματα πάνω στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Η ικανότητα του προσομοίωσης του εξωτερικού μικροκλίματος τόσο σε αρκτικά αλλά και σε τροπικά κλίματα με μεγάλη ακρίβεια αποτελεσμάτων το καθιστά το πιο αξιόπιστο μοντέλο μικροκλίματος.



2.1.α ENVI-met Headquarter

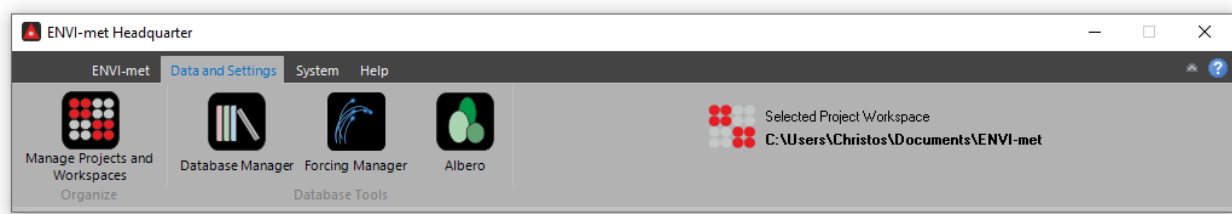
Ουσιαστικά πρόκειται για το «κύριο μενού» του ENVI-met στο οποίο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να πλοηγηθεί σε όλα τα απαραίτητα προγράμματα του ENVI-met. Όπως φανερώνει και το όνομά του (Headquarter/αρχηγείο) είναι το βασικό και κύριο εργαλείο καθώς είναι το πρώτο που εμφανίζεται όταν ανοίγει η εφαρμογή. Παρακάτω φαίνεται το μενού που βλέπει ο χρήστης **Εικόνα 2.1**.



Εικόνα 2.1 Τα εργαλεία τα οποία περιλαμβάνει το ENVI-met.

Τασιούλης Χρήστος

Πέρα από την καρτέλα ENVI-met η οποία περιέχει όλα τα εργαλεία, υπάρχουν άλλες 3 καρτέλες επιπλέον. Στην καρτέλα Data and Settings **Εικόνα 2.2** είναι δυνατή η διαχείριση των Projects όπως και η δημιουργία ή τροποποιήσεις στοιχείων που υπάρχουν στη βάση δεδομένων του λογισμικού.



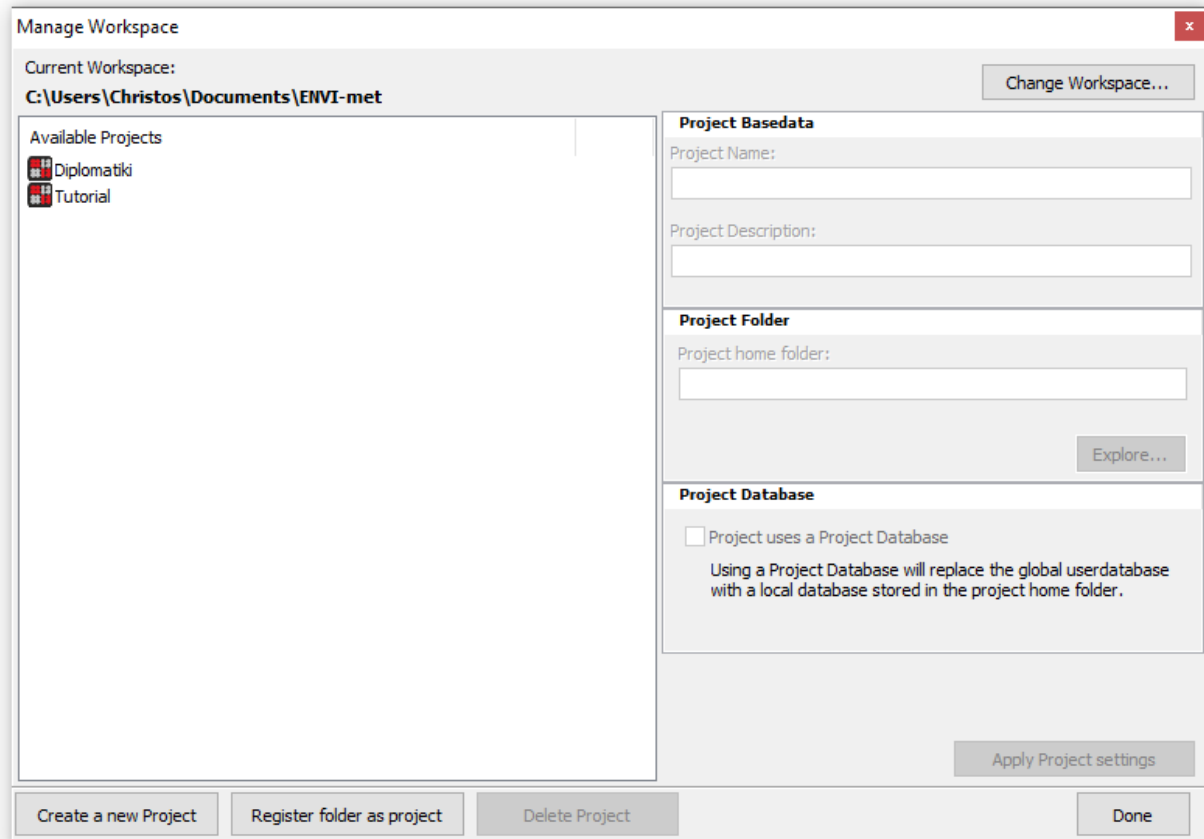
Εικόνα 2.2 Η δεύτερη καρτέλα Data and Settings στο ENVI-met Headquarter.

Συγκεκριμένα στην επιλογή Manage Projects and Workspaces **Εικόνα 2.3** είναι επιτρεπτή η επιλογή του «χώρου εργασίας», τον χώρο δηλαδή που θα αποθηκεύονται τα Projects. Επιπρόσθετα υπάρχουν ρυθμίσεις για την διαχείριση των διαφόρων Project.

Εκτός από την δημιουργία και ονομασία ενός Project στο προεπιλεγμένο Workspace ο χρήστης μπορεί να δώσει και μία σύντομη περιγραφή σχετικά με το έργο του στην επιλογή Project Description.

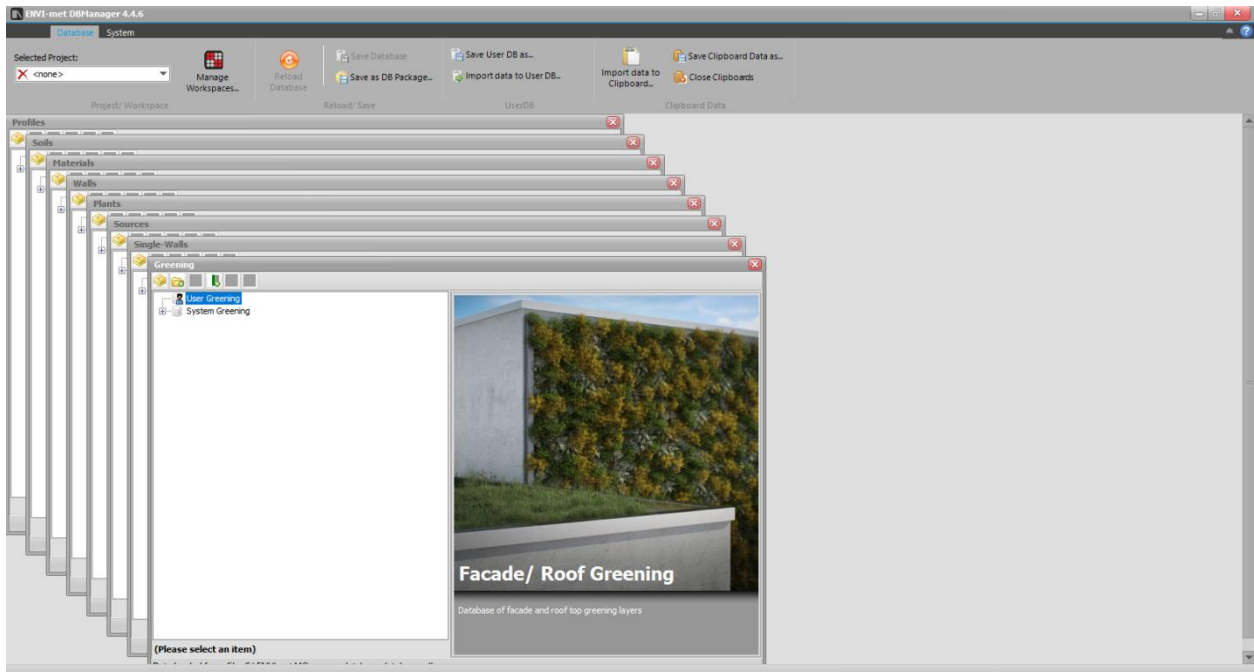
Τέλος υπάρχει η επιλογή Project uses a Project Database.

Η τελευταία δυνατότητα αφορά τα Project τα οποία θα χρησιμοποιήσουν την δική τους βάση δεδομένων που ενδεχομένως να την έχει δημιουργήσει ο χρήστης και όχι την βάση δεδομένων που προϋπάρχει στο ENVI-met.



Εικόνα 2.3 Το παράθυρο που ανοίγει με την επιλογή *Manage Projects and Workspaces*.

Υπάρχουν 3 είδη βάσεων δεδομένων στο ENVI-met, η βάση δεδομένων του συστήματος (System Database), η βάση δεδομένων του χρήστη (User Database) και η βάση δεδομένων των Project (Project Database). Ο χρήστης δεν μπορεί να επεξεργαστεί τα δεδομένα του πρώτου τύπου σε αντίθεση με τους άλλους δύο. Η βάση δεδομένων του συστήματος περιέχει το βασικό σύνολο δεδομένων που περιέχονται ήδη στο λογισμικό. Η βάση δεδομένων του χρήστη εκτός του ότι είναι επεξεργάσιμη, τα στοιχεία της μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε Project του χρήστη. Επιπλέον, η βάση δεδομένων των Project (επεξεργάσιμη και αυτή) μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στα αντίστοιχα Project. Στην **Εικόνα 2.2** στην επιλογή Database Manager χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγξει τα χαρακτηριστικά των ήδη υπάρχοντων στοιχείων καθώς και να τα επεξεργαστεί. Επιπρόσθετα μπορεί να δημιουργήσει καινούργια στοιχεία προκειμένου να τα χρησιμοποιήσει σε μελλοντικά Project.

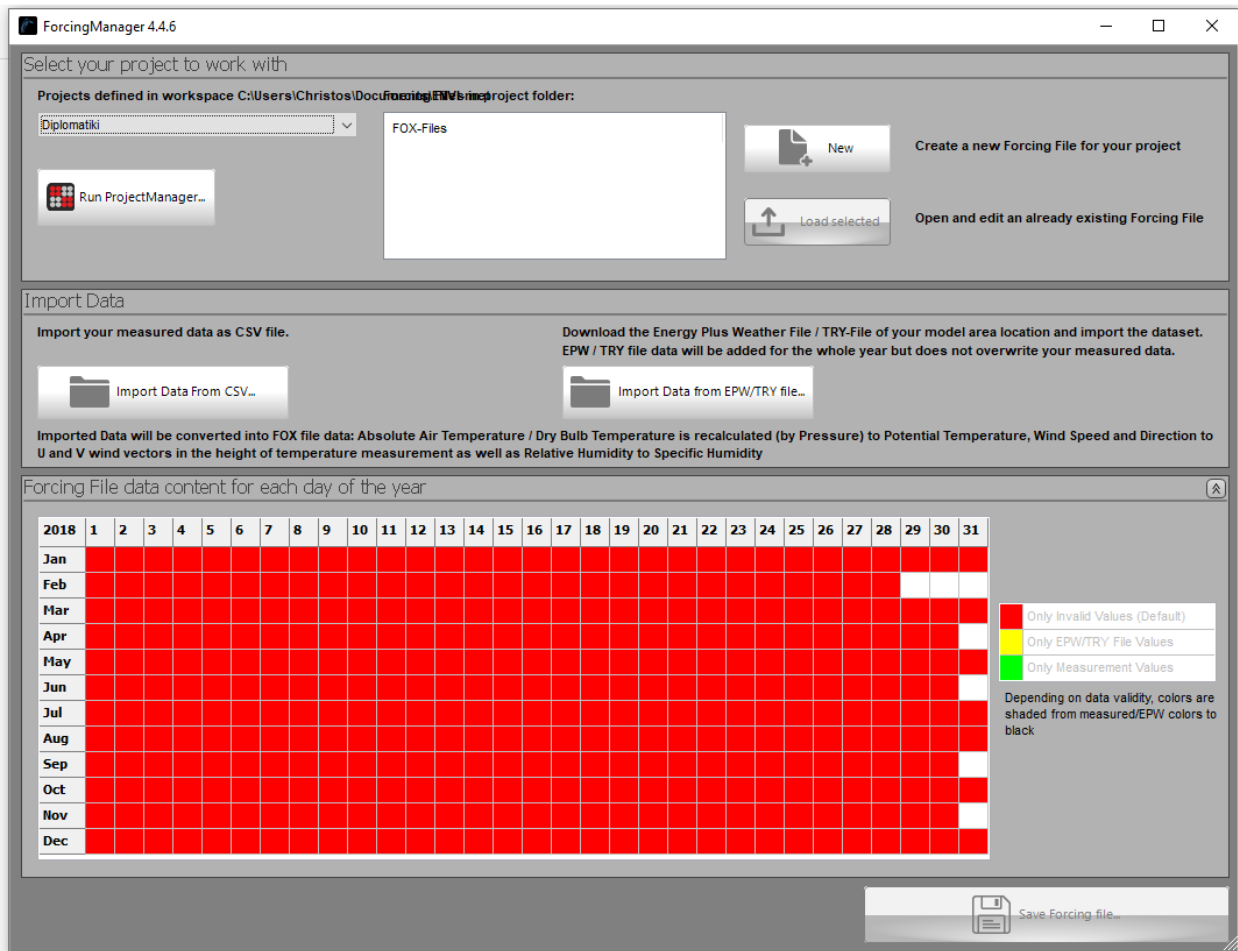


Εικόνα 2.4 Το παράθυρο του Database Manager. Υπάρχουν 8 διαφορετικές καρτέλες, μία για κάθε κατηγορία των στοιχείων (Τοίχοι, υλικά, φυτά κτλ).

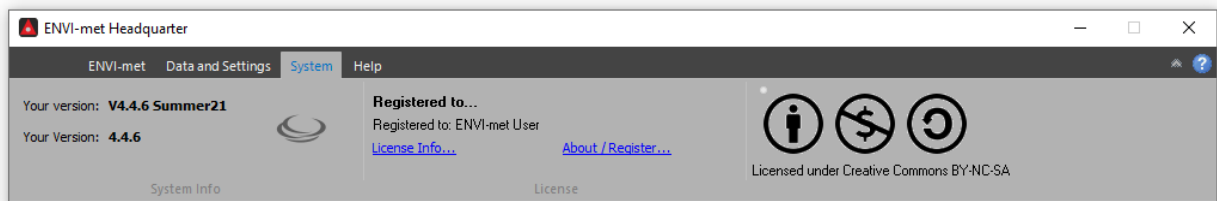
Το Forcing Manager, το οποίο προστέθηκε στην έκδοση ENVI-met 4.4, επιτρέπει την δημιουργία Forcing Files εισάγωντας προ-μορφοποιημένα αρχεία μέτρησης ή αρχεία EPW. Το Albergo επιτρέπει την επεξεργασία των ιδιοτήτων των ήδη υπάρχοντων τρισδιάστατων φυτών/δέντρων , 3D Plants, καθώς και την δημιουργία καινούριων.

Η καρτέλα Systems παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα έκδοση και τον τύπο άδειας του ENVI-met.

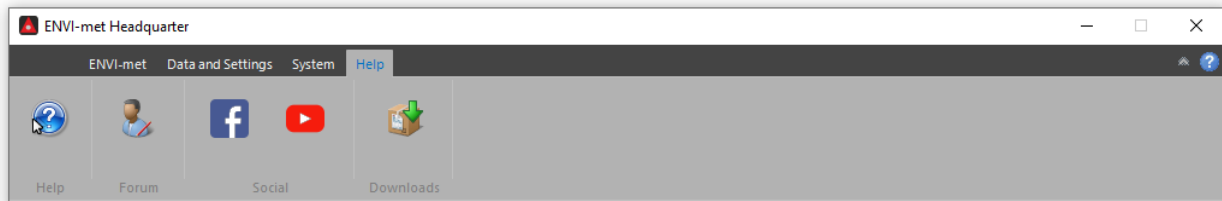
Τέλος η καρτέλα Help χρησιμοποιείται για την απόκτηση περισσότερων και αναλυτικότερων πληροφοριών καθώς και για την συνεχή ενημέρωση των χρηστών μέσω του Forum και των μέσων κοινωνικής δικτύωσης.



Εικόνα 2.5 Το παράθυρο του Forcing Manager.

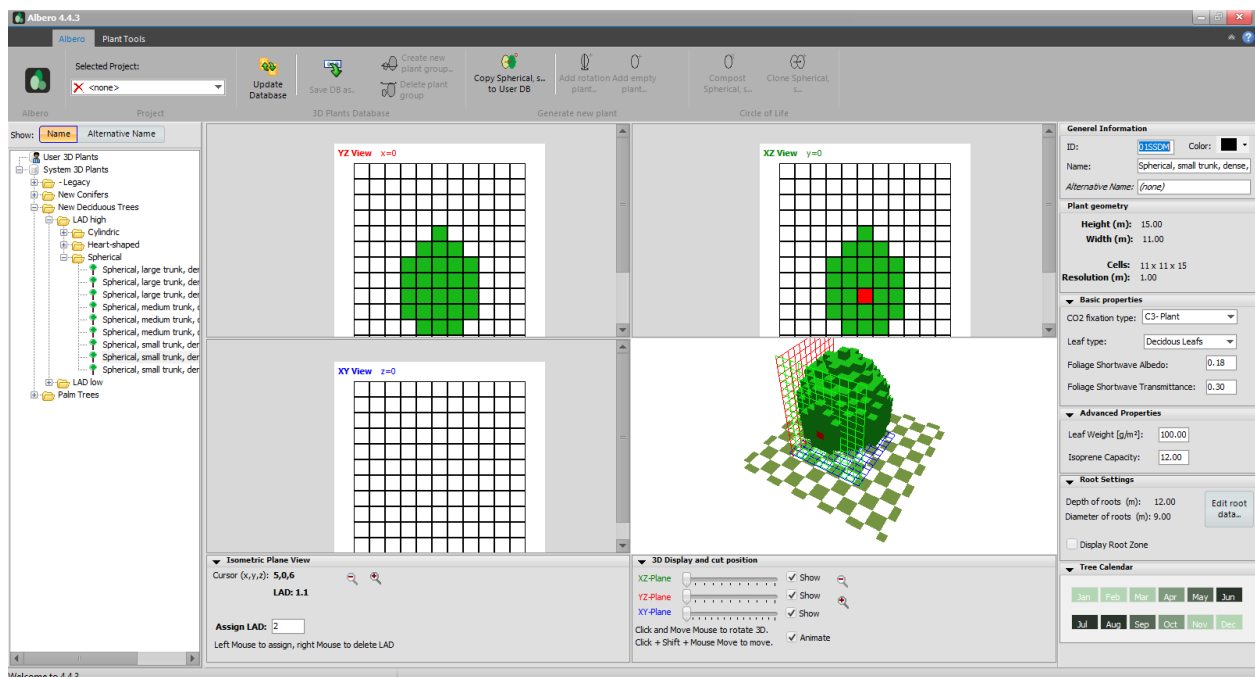


Εικόνα 2.6 Η καρτέλα System στο ENVI-met Headquarter.



Εικόνα 2.7 Η τελευταία καρτέλα Help στο ENVI-met Headquarter.

Παρακάτω παρουσιάζεται το παράθυρο του εργαλείου Albero.



Εικόνα 2.8 Το περιβάλλον του Albero. Σε αυτό είναι δυνατή η επεξεργασία, η δημιουργία και ο σχεδιασμός τρισδιάστατων φυτών (3D Plants) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα Projects.

Το ENVI-met διέπεται από μία συγκεκριμένη λογική ακολουθία ενεργειών. Αρχικά ο χρήστης στήνει Project του δημιουργώντας ένα νέο στο Manage Projects and Workspaces καθώς και επιλέγει την βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει σε αυτό (είτε αυτή είναι η προϋπάρχουσα του λογισμικού είτε μία δική του που την έχει δημιουργήσει ο ίδιος στα Database Manager και Albero). Κατόπιν ακολουθεί η ψηφιοποίηση της περιοχής θα μοντελοποιηθεί και ο σχεδιασμός και επεξεργασία αυτής. Τα εργαλεία που το εστιάζουν σε αυτό είναι τα Monde και Spaces. Μόλις ολοκληρωθεί η περιοχή του μοντέλου μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία προσομοίωσης. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση των ENVI-guide και ENVI-core. Όταν ολοκληρωθεί η προσομοίωση τα επόμενα βασικά βήματα είναι η παρουσίαση και ανάλυση-σχολιασμός των αποτελεσμάτων. Η παρουσίαση γίνεται με το εργαλείο Leonardo. Επομένως γίνεται αντιληπτό ότι κάθε εργαλείο έχει την δική του χρήση και σειρά σε μία συνηθισμένη ροή εργασίας στο ENVI-met.

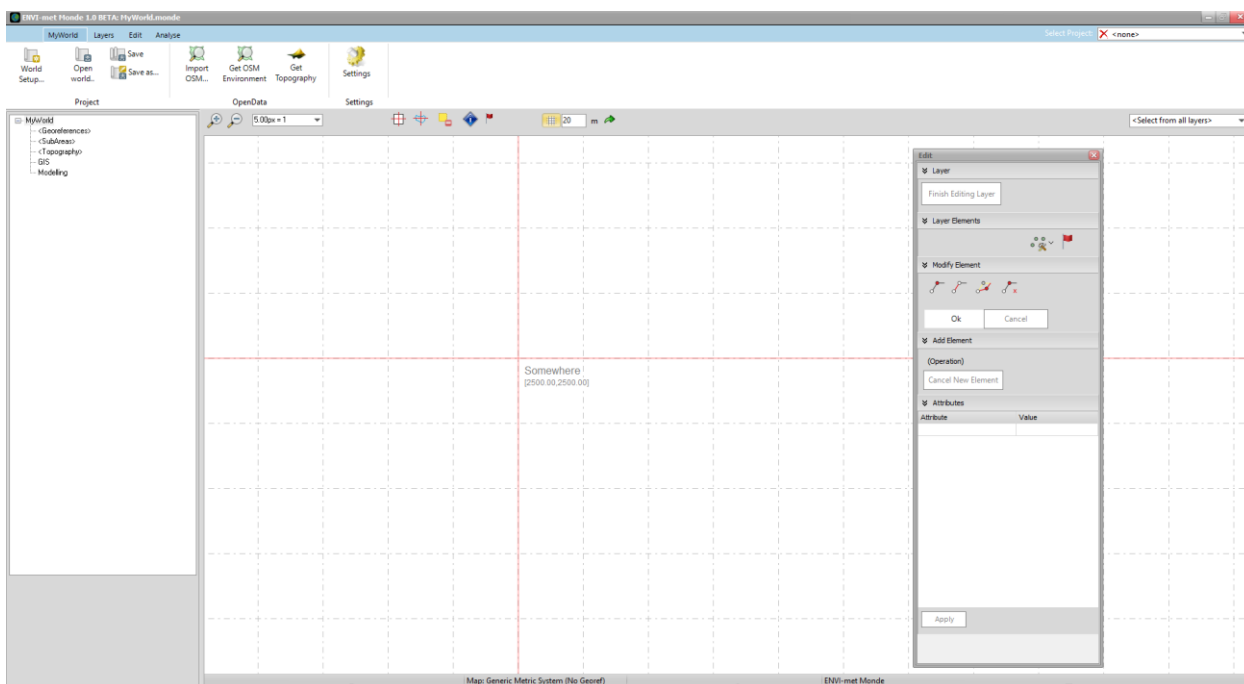
Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα εργαλεία του ENVI-met. Πρώτο βήμα είναι ο **σχεδιασμός του μοντέλου περιοχής** (Model Area) που πρόκειται να γίνει η προσομοίωση του μικροκλίματος. Τα εργαλεία που έχουν αυτή την δυνατότητα είναι τα Monde και Spaces.

2.2 Τα εργαλεία του ENVI-met



2.2.α Monde

Το Monde είναι ένα από τα δύο εργαλεία στην κατηγορία Edit **Εικόνα 2.1**. Χρησιμοποιείται για την δημιουργία και επεξεργασία περιοχών. Το Monde είναι το νεότερο εργαλείο επεξεργασίας, ψηφιοποίησης και σχεδιασμού του ENVI-met. Η κύρια διαφορά του σε σχέση με το Spaces είναι ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης επιτυγχάνει τις παραπάνω ενέργειες. Το σύστημα επεξεργασίας του είναι «τύπου διανύσματος» (Vector Based Editing) και έχει σκοπό να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των λογισμικών τύπου Vector Based World όπως το GIS (Geographic Information System) Software ή CID Software ή Building Information Management και των λογισμικών μοντέλων στοιχείων (Element Model) που είναι πρακτικά μοντέλα πλέγματος (Grid Based Model). Πολλές φορές δεν είναι εύκολο να μετατραπεί ένα μοντέλο τύπου διανύσματος (Vector Based Model) σε ένα μοντέλο τύπου πλέγματος (Grid Based Model) ειδικά όταν υπάρχουν πολλές εξειδικευμένες πληροφορίες. Το Monde λειτουργεί με Layers στα οποία ο χρήστης σχεδιάζει αντικείμενα (κτίρια, δέντρα κτλ) και τους δίνει ιδιότητες και χαρακτηριστικά στοιχεία.

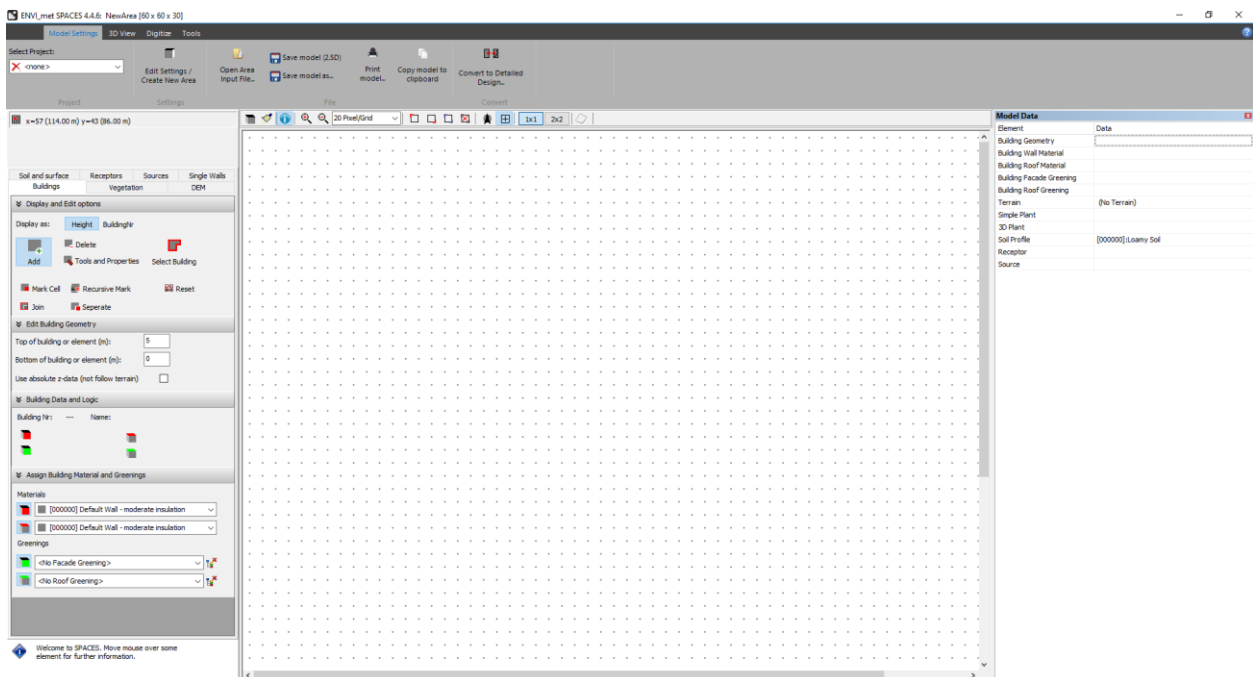


Εικόνα 2.9 Το εργαλείο Monde. Αριστερά φαίνονται τα διάφορα Layers.



2.2.β Spaces

Το Spaces είναι το δεύτερο εργαλείο στην κατηγορία Edit στην καρτέλα του ENVI-met. Όπως και το Monde ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει το περιβάλλον στο οποίο θέλει να κάνει την προσομοίωση του μικροκλίματος. Αρχικά επιλέγει την τοποθεσία εισάγοντας τις κατάλληλες τιμές γεωγραφικού μήκους και πλάτους, την ζώνη ώρας και άλλα στοιχεία όπως οι διαστάσεις του πλέγματος. Ο σχεδιασμός και η επεξεργασία των στοιχείων γίνεται σε ένα πλέγμα σε αντίθεση με το Monde. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει στο μοντέλο κτίρια, βλάστηση (δέντρα, γρασίδι), να επεξεργαστεί την επιφάνεια του εδάφους (πχ χώμα, ασφαλτο κτλ) καθώς και να σχεδιάζει αναλυτικά μονούς τοίχους. Η τελευταία επιλογή (καρτέλα Single Walls) απαιτεί την μετατροπή του μοντέλου σε 3D. Σε αυτή είναι εφικτή η αναλυτική επιλογή των υλικών του τοίχου (τούλβο, μπετό, γυαλί) σε επιλεγμένα σημεία του τοίχου. Πρόκειται για ένα απλό ως προς την χρήση του εργαλείο.



Εικόνα 2.10 Το εργαλείο Spaces. Αριστερά φαίνονται οι διάφορες επιλογές αντικειμένων σχεδιασμού (κτίρια βλάστηση κτλ.).

Τα δύο παραπάνω εργαλεία χρησιμεύουν για την σχεδίαση του μοντέλου στο οποίο μετά θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της **προσομοίωσης**.

Τα δύο εργαλεία με τα οποία αυτή επιτυγχάνεται είναι τα ENVI-guide και ENVI-core, τα οποία χρησιμοποιούνται με την αναφερθείσα σειρά.



2.2.γ ENVI-guide

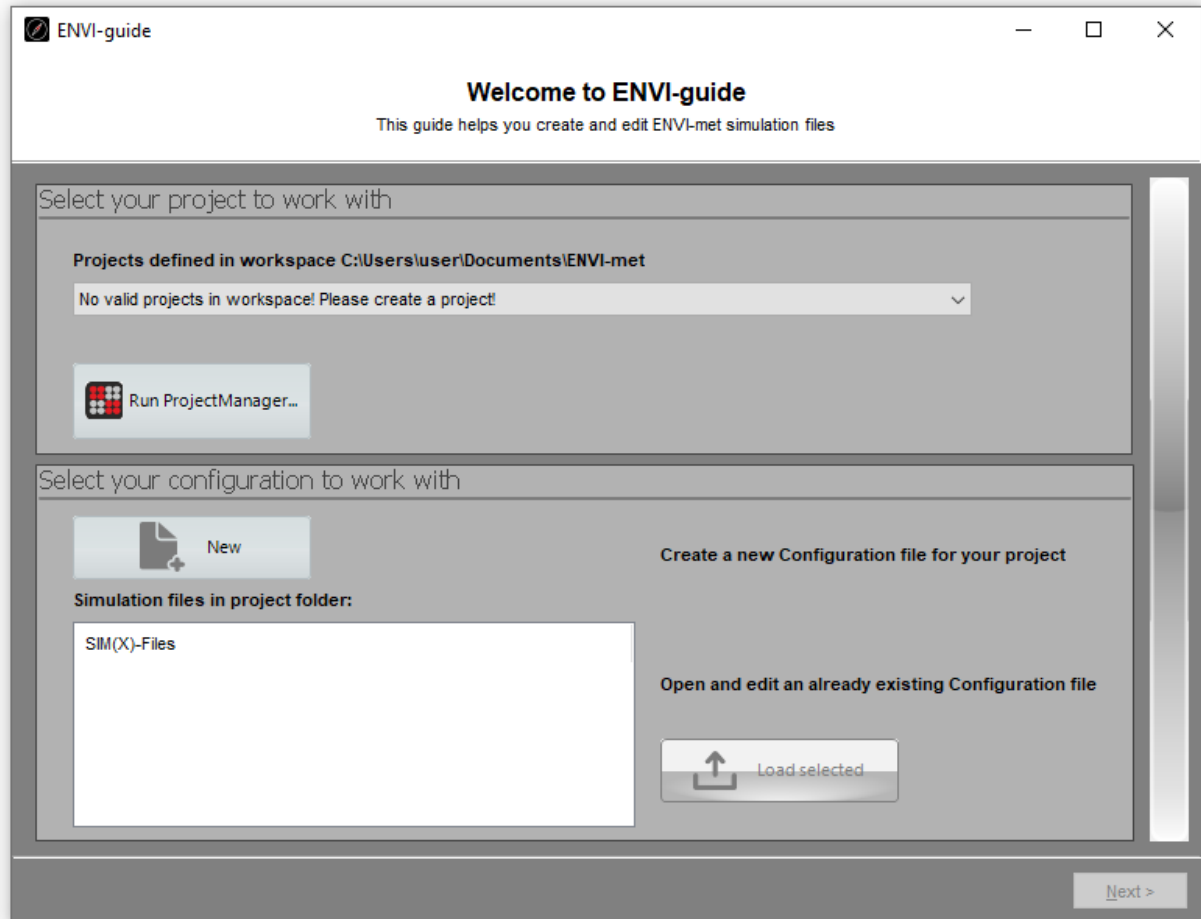
Ο κύριος στόχος του ENVI-guide είναι η δημιουργία ή η επεξεργασία ήδη υπάρχοντων αρχείων προσομοίωσης. Αρχικά εισάγονται οι γενικές ρυθμίσεις της προσομοίωσης, όπως η ημερομηνία και ώρα έναρξης καθώς και η διάρκεια του αρχείου προσομοίωσης.

Έχοντας επιλέξει το αρχείο χώρου που δημιούργησε πριν (είτε με το Spaces είτε με το Monde) ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία από τις τρεις επιλογές προσομοίωσης. Συγκεκριμένα οι επιλογές είναι Beginner, Intermediate και Advanced.

Η καταλληλότερη επιλογή εξαρτάται τόσο από τις γνώσεις του αλλά και από τον βαθμό ακρίβειας και ανάλυσης που επιθυμεί για την συγκεκριμένη προσομοίωση. Όσο πιο προχωρημένη είναι η προσομοίωση τόσο πιο πολλές είναι οι παράμετροι που πρέπει να εισάγει ο χρήστης.

Η επιλογή μέσης θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας, η ταχύτητα αλλά και η κατεύθυνση του ανέμου είναι μερικές από αυτές.

Στην επιλογή Intermediate η χρήστης επιλέγει επιπλέον τον σκοπό της προσομοίωσης και στην τελευταία επιλογή Advanced επιλέγει έξτρα χαρακτηριστικά για την ακριβέστερη ανάλυση της περιοχής.



Εικόνα 2.11 Το εργαλείο ENVI-guide. Το αρχικό παράθυρο που εμφανίζεται.

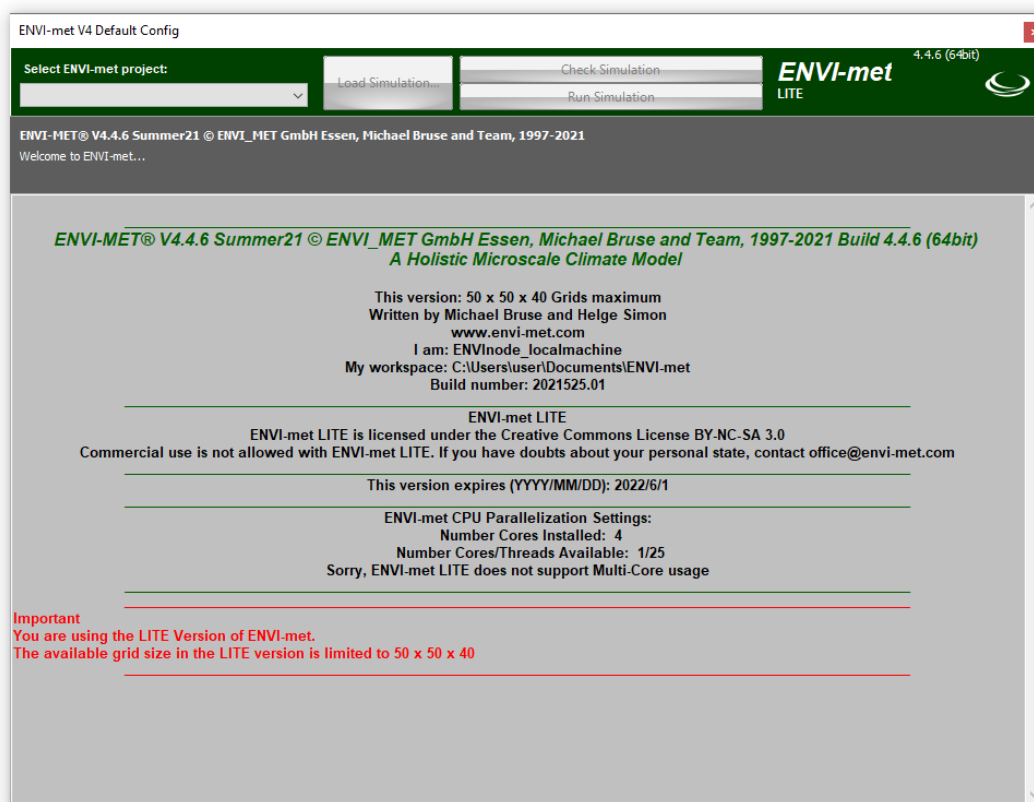


2.2.δ ENVI-core

Το ENVI-core χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του αρχείου προσομοίωσης (simulation file) που δημιουργείται από το ENVI-guide. Η λογική του είναι απλή. Αρχικά γίνεται η επιλογή του αρχείου προσομοίωσης και στη συνέχεια ακολουθεί η εκτέλεση της προσομοίωσης. Τα αρχεία με τα αποτελέσματα της αποθηκεύονται στον γενικό φάκελο του συγκεκριμένου Project.

Όταν ο χρήστης φορτώσει το αρχείο προσομοίωσης, εμφανίζεται η περιγραφή του μοντέλου (Model Description) και ο όνομα του δημιουργού (Model Author). Στην αρχή της διαδικασίας της προσομοίωσης, μετά την εκτέλεση της εντολής Run Simulation, το ENVI-core δείχνει ένα πρόχειρο σχέδιο του μοντέλου περιοχής και ύστερα αρχίζει η προσομοίωση. Συνήθως η

προσομοίωση μίας ώρας στο ENVI-met διαρκεί μία ώρα επομένως για την προσομοίωση μίας ημέρας θα χρειαστούν περίπου 24 ώρες.



Εικόνα 2.12 Το εργαλείο ENVI-core. Πάνω αριστερά γίνεται η επιλογή του αρχείου προσομοίωσης και δεξιά υπάρχει η εντολή έναρξης Run Simulation.

Όταν ολοκληρωθεί η προσομοίωση και δημιουργηθούν τα αρχεία με τα διάφορα υπολογισμένα μεγέθη, αρχίζει η διαδικασία παρουσίασης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Το εργαλείο που χρησιμοποιεί το ENVI-met είναι το Leonardo.

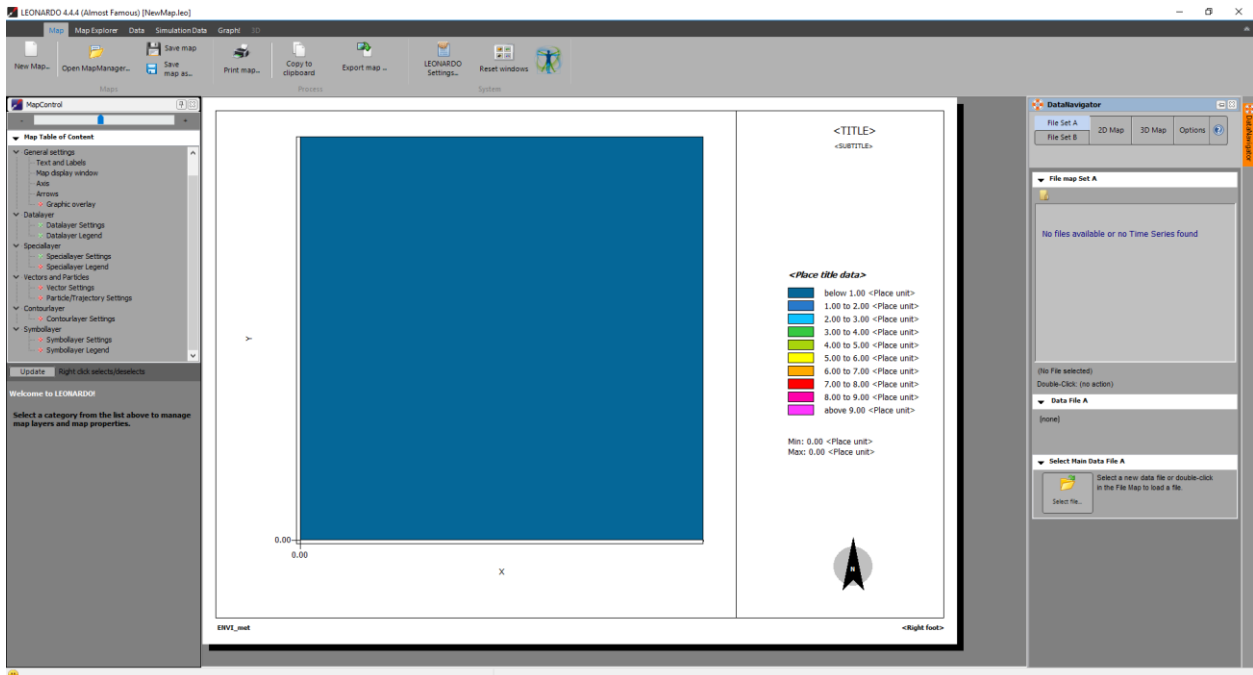


2.2.ε Leonardo

Το Leonardo ουσιαστικά χρησιμοποιείται για την ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων από την προσομοίωση της περιοχής. Εισάγει τα δεδομένα από τον φάκελο των αποτελεσμάτων και τα παρουσιάζει οπτικοποιημένα σε 2D και 3D χάρτες ώστε να φαίνονται ξεκάθαρα. Υπάρχει ποικιλία στις μεταβλητές που μπορούν να παρουσιαστούν όπως και στις χρονικές στιγμές που αντιπροσωπεύουν. Στην επιλογή DataNavigator εισάγονται τα

Τασιούλης Χρήστος

αποτελέσματα της προσομοίωσης. Αυτόματα το Leonardo εμφανίζει την διάρκεια και τις ώρες που έγινε η προσομοίωση. Υπάρχουν διάφορες επιλογές παρουσίασης των δεδομένων σε 2D και 3D, ωστόσο η 2D είναι συνήθως πιο επιθυμητή. Αφού πραγματοποιηθεί η παρουσίαση, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει και να προσθέσει ορισμένα χαρακτηριστικά στο παράθυρο του χάρτη (map window), όπως τίτλοι, περιγραφές, διανύσματα κατεύθυνσης και άλλες ρυθμίσεις.



Εικόνα 2.13 Το εργαλείο Leonardo. Δεξιά φαίνεται το DataNavigator και αριστερά ρυθμίσεις του map.

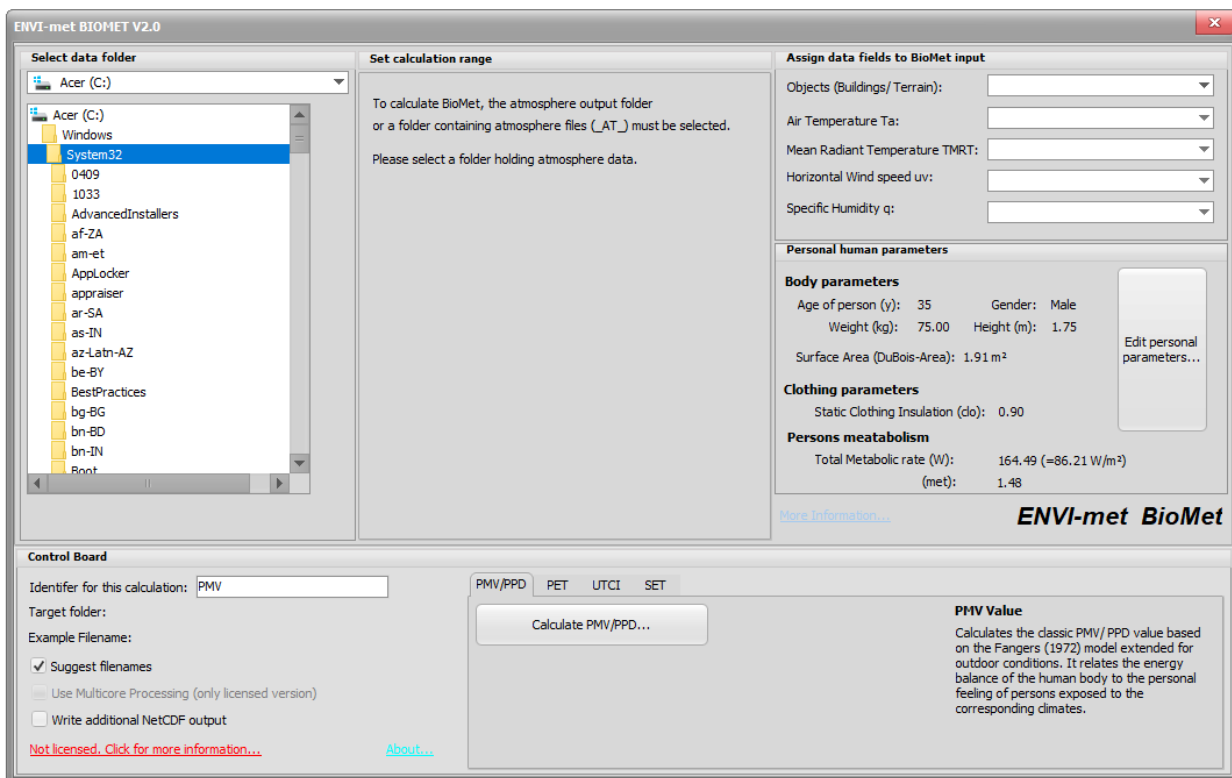


2.3 BIO-met

Το BIO-met είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των δεικτών ανθρώπινης θερμικής άνεσης (Human Thermal Comfort) από τα αρχεία εξόδου μοντέλων του ENVI-met. Πρόκειται για ένα εργαλείο που επεξεργάζεται τα δεδομένα αφού έχει τελειώσει η προσομοίωση του μοντέλου περιοχής. Για να επιτευχθεί αυτή η διαδικασία χρειάζονται μερικά δεδομένα από τα αρχεία εξόδου του ENVI-met και συγκεκριμένα ατομοσφαιρικά δεδομένα. Το BIO-met ουσιαστικά ασχολείται με την επίδραση των 4 κύριων ατμοσφαιρικών μεταβλητών μεταβλητών (θερμοκρασία του αέρα, θερμοκρασία της ακτινοβολίας, την ταχύτητα ανέμου και την υγρασία) στην ανθρώπινη θερμική αίσθηση. Η ποιότητα και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του εξαρτάται αποκλειστικά από την ποιότητα και αξιοπιστία των δοσμένων αρχείων δεδομένων. Με

άλλα λόγια, εάν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δεν είναι ρεαλιστικά, το BIO-met θα έχει επίσης μη ρεαλιστικά αποτελέσματα. Επομένως είναι σημαντικό να μην υπάρχει κάποιο πρόβλημα στα αποτελέσματα των αρχείων προσομοίωσης.

Το κύριο παράθυρο της εφαρμογής έχει έναν προεπιλεγμένο φάκελο στην περιοχή *Select data folder*. Πριν οποιαδήποτε χρήση, είναι σημαντικό ο χρήστης να ενημερώσει το BIO-met που είναι αποθηκευμένα τα αποτελέσματα των μοντέλων ENVI-met που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει. Στον φάκελο που θα περιέχει τα ατμοσφαιρικά δεδομένα θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα αρχείο ατμόσφαιρας ENVI-met (*_AT_*) προκειμένου το πρόγραμμα να ενεργοποιηθεί. Μετά την επιλογή του φακέλου ο χρήστης πρέπει να ορίσει το εύρος των υπολογισμών. Συγκεκριμένα πρέπει να καθορίσει τις ώρες της ημέρας και την διάρκεια που θα υπολογιστούν οι δείκτες.



Εικόνα 2.14 Το αρχικό μενού του ENVI-met BIO-met.

Ο υπολογισμός των βιομετεωρολογικών δεικτών μπορεί να είναι αρκετά χρονοβόρος, ειδικά όταν γίνεται για κάθε ώρα της μέρας και με μεγαλύτερη ανάλυση. Για αυτόν το λόγο το BIO-met δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να περιορίσει το κατακόρυφο εύρος υπολογισμού με 3 διαφορετικούς τρόπους.

Τασιούλης Χρήστος

- Να υπολογίσει παντού χωρίς κανένα περιορισμό. (Calculate everywhere)
- Να υπολογίσει από την επιφάνει του εδάφους μέχρι ένα δεδομένο ύψος. (Calculate up to...)
- Να υπολογίσει μόνο σε ένα επιλεγμένο επίπεδο ύψους . (Calculate only at ...)

Στην συνέχεια ακολουθεί η συμπλήρωση των σωστών πεδίων δεδομένων. Το BIO-met χρειάζεται σε κάθε σημείο του πλέγματος 5 συγκεκριμένα δεδομένα για τον υπολογισμό των δεικτών. Πρόκειται για τα:

- Την τυπολογία (έδαφος, κτίριο)
- Την θερμοκρασία του αέρα
- Την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας
- Την οριζόντια ταχύτητα του ανέμου
- Την ειδική υγρασία

Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο ατμοσφαιρικό αρχείο (_AT_) . Επιπρόσθετα είναι εφικτός ο καθορισμός των ανθρωπίνων παραμέτρων που επηρεάζουν τους δείκτες του BIO-met όπως το ανθρώπινο σώμα, ένδυση και ο μεταβολισμός των ανθρώπων. Τέλος ακολουθεί η επιλογή των δεικτών βιομετρίας. Οι τέσσερις δείκτες βιομετρίας που υπάρχουν είναι:

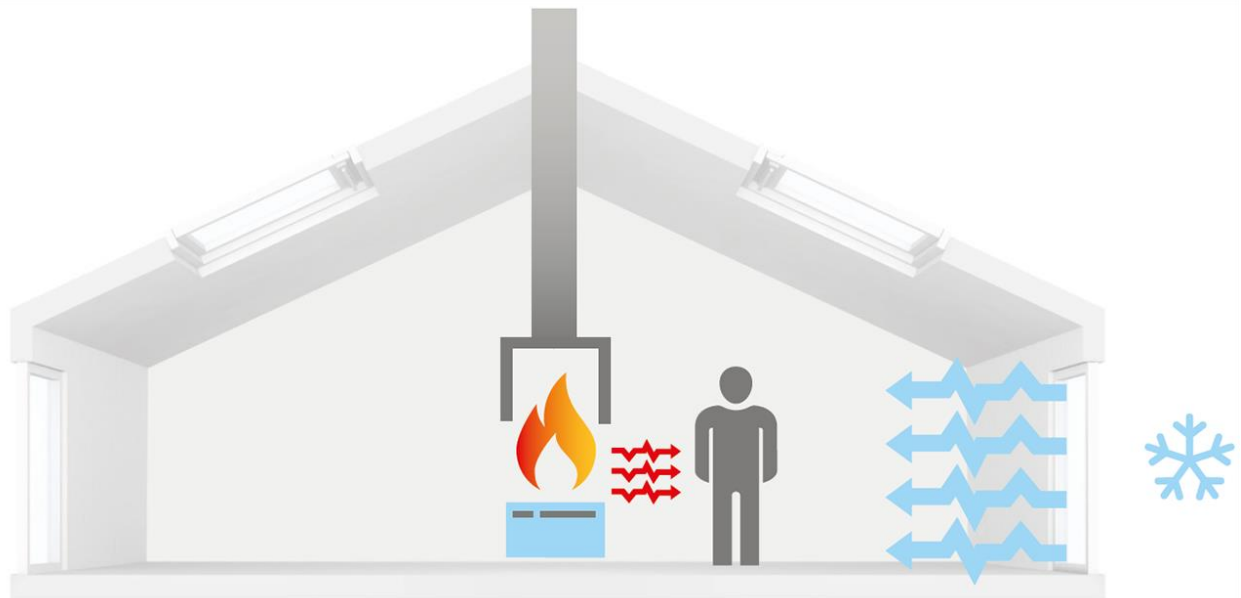
- PMV/PPD
- PET
- UTCI
- SET

Η τιμή PMV (Predicted Mean Vote) υπολογίζει την κλασική τιμή PMV/PPD βασισμένη στο επεκταμένο μοντέλο Fanger's (1972) για εξωτερικές συνθήκες, το οποίο συνδέει την ενεργειακή ισοροπία του ανθρώπινου σώματος με την προσωπική αίσθηση των ατόμων που εκτίθενται στα αντίστοιχα κλίματα. Η τιμή PET, η φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (Physiological Equivalent Temperature), βασισμένη στο μοντέλο 2 κόμβων Gagge, συνδέει τη θερμοκρασία του δέρματος και του εσωτερικού που δημιουργείται από το εξωτερικό περιβάλλον με τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα με αποτέλεσμα την δημιουργία ίδιων θερμοκρασιών. Ο υπολογισμός της τιμής UTCI (Universal Thermal Climate Index) ή αλλιώς ο γενικός δείκτης θερμικού κλίματος , σύμφωνα με το EU COST Action 730, είναι βασισμένος σε ένα απλοποιημένο μοντέλο παλινδρόμησης του Peter Broede. Τέλος ο υπολογισμός της τιμής SET γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE 55-2013.

Ως αποτέλεσμα της διαδικασίας υπολογισμού του BIO-met θα παραχθούν νέα αρχεία δεδομένων _BIO_. Αυτά τα αρχεία μπορούν να ενσωματωθούν με άλλα αρχεία του ENVI-met αλλά και μπορούν να προβληθούν απο το Leonardo.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ανθρώπινης άνεσης



3.1 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

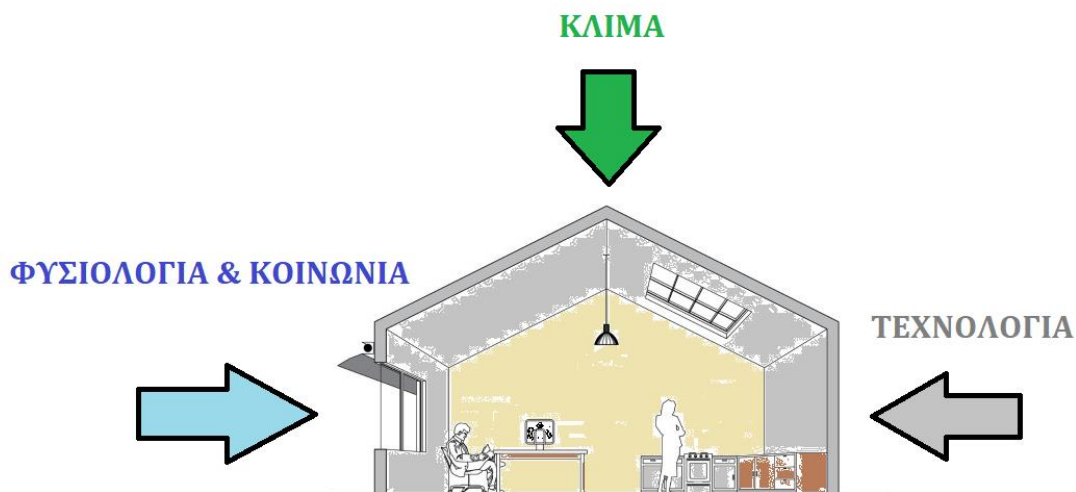
Από τις προηγούμενες ενότητες έγινε φανερό πως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εστιάζει στην βέλτιστη απόδοση του κτιρίου για τις ανάλογες περιβαλλοντικές συνθήκες και τις ανάγκες των ανθρώπων.

Η βασική λογική του είναι ότι ο πιο βιώσιμος και αποτελεσματικός τρόπος να σχεδιαστεί ένα κτίριο είναι πρώτα να προσαρμόζεται στο περιβάλλον. Παρόμοια με την παραπάνω λογική συχνά συνδέεται με την βελτιστοποίηση του φακέλου του κτιρίου και συνεπώς με υψηλότερα επίπεδα ενεργειακής αποδοτικότητας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από τρεις σημαντικούς παράγοντες:

- Το κλίμα
- Την φυσιολογία και κοινωνία
- Την τεχνολογία

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι τρεις βασικοί παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.



Εικόνα 3.1 Οι βασικοί παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Για τον παράγοντα του **κλίματος** πρέπει να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής καθώς και τα όρια του.

Σχετικά με την **φυσιολογία** είναι απαραίτητο να είναι γνωστές οι ανάγκες των κατοίκων και γενικότερα των ανθρώπων που χρησιμοποιούν το κτίριο και οι προσδοκίες και όρια της αντιστοιχίας κοινωνίας.

Τέλος, η **τεχνολογία** που έχει ο σχεδιαστής και ο κατασκευαστής στην διαθεσή του καθορίζει τι μπορεί να σχεδιάσει και να κατασκευάσει.

3.1.α Οι μέθοδοι του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Παρόλο που η λογική της προσαρμογής στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες είναι μία έμφυτη ανάγκη στον άνθρωπο, μόνο πρόσφατα ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει αποτελέσει αντικείμενο εφαρμογής και έρευνας της σύγχρονης επιστήμης. Από το 1960 που εμφανίστηκε για πρώτη φορά ο όρος «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός» έχουν υπάρξει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς την διαδικασία που ακολουθείται για έναν σχεδιασμό βιοκλιματικού κτιρίου.

Είναι οι μέθοδοι :

- Συμπτωματική μέθοδος βιοκλιματικού σχεδιασμού (symptomatic bioclimatic design method)
- Αναλυτική μέθοδος βιοκλιματικού σχεδιασμού (analytical bioclimatic design method)

Συμπτωματική μέθοδος βιοκλιματικού σχεδιασμού σαν λογική χρησιμοποιεί τα ήδη υπάρχοντα κτίρια της περιοχής ως αρχικό πρότυπο. Χωρίζεται σε τρία στάδια με το πρώτο να περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της τοπικής αρχιτεκτονικής, στην οποία λαμβάνονται υπόψιν τα κτίρια που είναι κλιματικά προσαρμοσμένα σε έναν ικανοποιητικό βαθμό. Στο δεύτερο στάδιο, τα κτίρια αυτά χρησιμοποιούνται για τις βιοκλιματικές μετρήσεις, όπως η θερμική μάζα, η κατεύθυνση των παραθύρων και η μορφή της συμπαγής κατασκευής. Ουσιαστικά πρόκειται για την αντιγραφή των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών από κτίρια που έχουν προσαρμοστεί στο τοπικό κλίμα. Το τελευταίο στάδιο αποτελεί την κατασκευή του κτιρίου εφαρμόζοντας τις τοπικές βιοκλιματικές μετρήσεις. Αυτή η μέθοδος έχει εφαρμοστεί ευρέως από πολλούς μηχανικούς με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ωστόσο αυτή η μέθοδος βασίζεται αυστηρά στην αντιγραφή των ήδη υπάρχοντων βιοκλιματικών προτύπων και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της είναι αμφιλεγόμενη.

Η εναλλακτική μέθοδος, δηλαδή η αναλυτική μέθοδος βιοκλιματικού σχεδιασμού, πρόκειται για μία διαδικασία στην οποία σχεδιαστής χρησιμοποιεί αναλυτικές βιοκλιματικές μετρήσεις της περιοχής και γενικότερα δεδομένα του συγκεκριμένου κλίματος, προκειμένου να αποφασίσει

ποια είναι τα πιο κατάλληλα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά για την καλύτερη απόδοση του κτιρίου. Μέσω αυτής της διαδικασίας ο σχεδιαστής μπορεί να προσδιορίσει τις δυνατότητες της βιοκλιματικής προσαρμογής του κτιρίου. Σαν διαδικασία είναι πιο περίπλοκη και απαιτεί περισσότερο χρόνο μιας και οι κλιματικές αναλύσεις μια περιοχής μπορεί να περιέχουν πολλά δεδομένα και εξωτερικούς παράγοντες που τις επηρεάζουν. Ωστόσο, την σημερινή εποχή η καθολική γνώση πάνω στον σχεδιασμό κτιρίων για καλύτερη απόδοση έχει αυξηθεί σε τεράστιο βαθμό καθώς υπάρχουν πλέον λογισμικά που απλουστεύουν και επιταχύνουν αυτή την μέθοδο.

Συνεπώς σήμερα η επιλογή της συμπτωματικής μεθόδου ίσως να μην είναι η πιο αποτελεσματική, από πλευράς ακρίβειας και αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, ειδικότερα αν ληφθεί υπόψιν και η συνεχής θέρμανση του πλανήτη.

3.1.β Βασικές αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξαρτάται από το τοπικό κλίμα και βασίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Θερμική προστασία
- Αξιοποίηση ηλιακής ενέργειας
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο
- Απομάκρυνση θερμότητας το καλοκαίρι
- Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια

Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων. Συγκεκριμένα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.

Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον σωστό προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων, συγκεκριμένα ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος. Η κατάλληλη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες είναι σημαντική σε συνδυασμό με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και αποτελούν φυσικά συστήματα θέρμανσης και φωτισμού.

Η προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο είναι πάρα πολύ σημαντική προκειμένου να μην υπάρχει υπερθέρμανση στους εσωτερικούς χώρους. Αυτή επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.

Απομάκρυνση της θερμότητας που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες.

Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους και να μην καταναλώνονται μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από όσα χρειάζονται.

Βελτίωση του κλίματος στην εξωτερική περιοχή γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων και του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.

3.1.γ Εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου

Οι ιδανικές συνθήκες στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου είναι ένας από τους κύριους στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αυτές επιτυγχάνονται με τον κατάλληλο σχεδιασμό του συστήματος κελύφους. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, IEQ, είναι πολύ σημαντική για τον σχεδιασμό οποιουδήποτε κτιρίου και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι βασικότεροι είναι:

- Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν, όπως η θερμοκρασία ή ο φωτισμός
- Σωματική κατάσταση των ανθρώπων, ηλικία ή κατάσταση υγείας
- Ψυχολογική κατάσταση των ανθρώπων, άγχος ή λύπη κτλ

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η άνεση ενός ατόμου σε ένα κτίριο εξαρτάται σημαντικά από την ψυχολογική και σωματική καταστασή του και τις προσωπικές αντιλήψεις του σχετικά με την ιδανική ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος.

Επομένως η IEQ είναι σε κάποιο βαθμό υποκειμενική, ωστόσο υπάρχουν κάποια κριτήρια άνεσης που ισχύουν για όλους του ανθρώπους. Τα κριτήρια αυτά περιστρέφονται γύρω από τις πέντε αισθήσεις, αφού αυτές αποτελούν μοναδικό τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται το περιβάλλον γύρω τους. Πολλές φορές αυτά αποκαλούνται και εσωτερικά υπό-περιβάλλοντα με τα οποία αλληλεπιδρούν οι ανθρώπινες αισθήσεις. Και στις δύο περιπτώσεις οι πέντε βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα των εσωτερικών συνθηκών σε ένα κτίριο είναι:

- Θερμικοί παράγοντες
- Παράγοντες φωτισμού
- Οσφρητικοί παράγοντες
- Ηχητικοί παράγοντες
- Εργονομικοί παράγοντες

Κάθε παράγοντας επηρεάζει προφανώς την άνεση του ατόμου ως προς την συγκεκριμένη αίσθηση. Για παράδειγμα οι θερμικοί παράγοντες επηρεάζουν την θερμική άνεση και όμοια οι ηχητικοί παράγοντες επηρεάζουν την ηχητική άνεση. Με αυτήν τη λογική υπάρχουν πέντε είδη άνεσης, η θερμική άνεση, η άνεση που συνδέεται με τον φωτισμό, η οσφρητική άνεση, η ηχητική άνεση και η εργονομική άνεση.

3.2 Είδη ανθρώπινης άνεσης

3.2.α Θερμική άνεση

Είναι επομένως γνωστό, ότι η άνεση του εσωτερικού χώρου των ανθρώπων είναι ένα περίπλοκο σύστημα που εξαρτάται από την ψυχολογική και σωματική κατάσταση καθώς και από άλλες κοινωνικές επιρροές του κάθε ατόμου. Ωστόσο η θερμική άνεση έχει κυρίαρχο ρόλο διότι πάνω από όλα ένα κτίριο πρέπει να είναι κατοικήσιμο. Ένα κτίριο που δεν έχει κατάλληλη θερμοκρασία, δηλαδή είναι υπερβολικά κρύο το χειμώνα ή υπερβολικά ζεστό το καλοκαίρι, είναι ακατάλληλο για οποιονδήποτε άνθρωπο και ενδεχομένως επικίνδυνο για την υγεία.

Η θερμική άνεση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι η θερμοκρασία του αέρα αλλά και των επιφανειών του κτιρίου, η ηλιακή ακτινοβολία, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του αέρα αλλά ακόμη και η ενδυμασία των ανθρώπων. Παρά την ικανότητα του ανθρώπινου σώματος να προσαρμόζεται στις μεταβολές της θερμοκρασίας, είναι απαραίτητο η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες διακυμάνσεις.

Το 1970 ο Ροντ Όλε Φανγκερ διατύπωσε την εξίσωση που περιγράφει ένα θερμικό σύστημα συγκεκριμένα:

$$\Delta S = M \pm W \pm R \pm C \pm K - E - RES, \quad \text{Εξίσωση 3.1}$$

Στην οποία τα σύμβολα δηλώνουν:

- M, η εσωτερικά παραγόμενη μεταβολική θερμότητα
- W, το εξωτερικό μηχανικό έργο
- R, η συναλλαγή θερμότητας από ακτινοβολία
- C, η συναλλαγή θερμότητας λόγω συναγωγής
- K, η συναλλαγή θερμότητας λόγω αγωγής
- E, η απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης
- RES, η απώλεια θερμότητας λόγω αναπνοής
- ΔS, η μεταβολή της αποθηκευμένης θερμότητας στο σώμα

Αν το $\Delta S > 0$ σημαίνει ότι τα θερμικά κέρδη είναι περισσότερα από τις απώλειες και κατα συνέπεια η θερμοκρασία του συστήματος θα αυξηθεί.

Αν το $\Delta S < 0$ σημαίνει ότι τα θερμικά κέρδη είναι λιγότερα από τις απώλειες και κατα συνέπεια η θερμοκρασία του συστήματος θα μειωθεί.

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του εσωτερικού περιβάλλοντος εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού T_{db} , της ταχύτητας του αέρα v_{ar} και της και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας T_{mr} . Η επίδραση των τριών παραπάνω παραγόντων μπορεί να εκφραστεί με την θερμοκρασία λειτουργίας T_{op} με την απλοποιημένη μορφή της να είναι ουσιαστικά ο μέσος όρος μεταξύ των T_{db} , και T_{mr} . Η απλοποιημένη εξίσωση που δίνει την T_{op} σε εξωτερικό περιβάλλον είναι:

$$T_{op} = \frac{T_{mr} + T_{db}}{2}, \quad \text{Εξίσωση 3.2}$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι η T_{op} δεν περιλαμβάνει της επίδραση της σχετική υγρασίας RH. Η επίδραση της RH σε υψηλότερες θερμοκρασίας και τιμές της RH (>70%) είναι σημαντική. Επίσης πρέπει να τονισθεί ότι η T_{op} δεν αποτελεί κατάλληλο δείκτη για την θερμική άνεση των ανθρώπων στο εσωτερικό, για αυτόν τον προσδιορισμό πρέπει να υπολογιστούν οι κατάλληλοι θερμικοί δείκτες προκειμένου να γίνει γνωστό αν το άτομο είναι θερμικά άνετο. Αυτοί οι δείκτες ονομάστηκαν στην ενότητα του ENVI-met δείκτες βιομετρίας με τον σημαντικότερο να είναι ο

δείκτης PMV. Στην συνέχεια ακολουθεί η αναλυτικά η λειτουργία και λογική του δείκτη αξιολόγησης θερμικής άνεσης PMV, τον πιο ευρέως χρησιμοποιημένο.

3.2.α* Δείκτες άνεσης

3.2.α.ι Ο δείκτης PMV

Η λογική της περιγραφής και αξιολόγησης της θερμικής άνεσης με ανάλογους δείκτες πρωτοεμφανίστηκε το 1897 από τον Hill. Χρησιμοποιώντας τους θερμικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα κτλ, αυτοί οι δείκτες έχουν σκοπό να αξιολογήσουν σε ποιο βαθμό έχει επιτευχθεί η θερμική άνεση ενός χώρου.

Ο πιο γνωστός και ευρέως χρησιμοποιημένος δείκτης αξιολόγησης θερμικής άνεσης είναι ο PMV, που όπως όπως έχει ήδη αναφερθεί παρουσιάστηκε από τον Fanger το 1970. Βασίζεται στην υπόθεση - παραδοχή ότι η θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν η τιμή της μεταβολή της αποθηκευμένης θερμότητας στο σώμα ΔS είναι κοντά στο μηδέν.

Στο μοντέλο του Fanger έχει εισαχθεί και ένα ποσοστό ατόμων που δεν είναι ικανοποιημένοι από τις συγκεκριμένες θερμικές εσωτερικές συνθήκες, το PPD. Ο δείκτης PMV μπορεί να περιγραφεί ως μία συνάρτηση που επηρεάζεται από επτά περιβαλλοντικούς παράγοντες και να γραφτεί με τον εξής τρόπο:

$$PMV = f(M_*, W_*, f_{cl}, p_a, T_{db}, T_{cl}, h_c), \quad \text{Εξίσωση 3.3}$$

Αυτό σημαίνει ότι ο δείκτης PMV-PPD εξαρτάται από τους παραπάνω παράγοντες όπου:

- M^* , ο ρυθμός μεταβολισμού του ανθρώπου σε μονάδες MET, ($1 \text{ MET} = 58,2 \text{ W/m}^2$)
- W^* , το εξωτερικό έργο ή δραστηριότητα που εκτελείται από τους ανθρώπους εκφρασμένη σε W/m^2 της περιοχής του σώματος.
- f_{cl} , ο λόγος της ντυμένης περιοχής του σώματος σε σχέση με την εντελώς γυμνή περιοχή του σώματος
- p_a , η πίεση ατμών αέρα λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία σημείου δρόσου σε Pa
- T_{db} , θερμοκρασία ξηρού βολβού σε $^{\circ}\text{C}$
- T_{cl} , μέση θερμοκρασία επιφάνειας ρούχων $^{\circ}\text{C}$
- h_c , ο συντελεστής μεταφοράς συναγωγής σε $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Ο υπολογισμός του δείκτη PMV γίνεται με την χρήση της παραπάνω σχέσης κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες αξιολογώντας την εσωτερική θερμική άνεση σε μία σύνεχη κλίμακα από το -3 στο 3, για κρύο και ζεστό αντίστοιχα. Η σχέση μεταξύ των PMV και PPD περιγράφεται από μία καμπύλη με την ελάχιστη τιμή του PPD να είναι 5 % στην περίπτωση ενός θερμικά ουδέτερου περιβάλλοντος, δηλαδή PMV = 0. Η σχέση μεταξύ τους ανάλογα με την θερμική αίσθηση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.,

Θερμική αίσθηση	Ψυχρή	Κρύα	Ελαφρώς δροσερή	Ουδέτερη	Ελαφρώς θερμή	Θερμή	Καυτή
PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
PPD [%]	100	75	25	5	25	75	100

Πίνακας 3.1 Η σχέση μεταξύ των δεικτών PMV και PPD ανάλογα με την θερμική αίσθηση.

Ο δείκτης PMV είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για να προσδιορίσει την θερμική άνεση ενός κτιρίου που διαρκώς θερμαίνεται, ψύχεται και εξαερίζεται μηχανικά. Ωστόσο σε περιπτώσεις εσωτερικών περιβάλλοντων που είχαν φυσικό αερισμό ο δείκτης είχε υποτιμήσει το ποσοστό των ανθρώπων που είχαν θερμική άνεση. Αυτοί οι περιορισμοί υποδηλώνουν ότι η χρήση του δείκτη αξιολόγησης PMV είναι περιορισμένη για τον προσδιορισμό των εσωτερικών συνθηκών ενός βιοκλιματικού κτιρίου.

3.2.α.ii Ο δείκτης PET

Ο δείκτης PET, ή αλλιώς φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (Physiological Equivalent Temperature) αποτελεί έναν τρόπο ανάλυσης για το πως οι αλλαγές στο θερμικό περιβάλλον επηρεάζουν την ανθρώπινη άνεση. Αυτός ο δείκτης προσδιορίζεται από συγκεκριμένα μοντέλα εξισώσεων όπως και ο PMV-PPD. Συγκεκριμένα ο υπολογισμός της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) υπολογίζεται από το μοντέλο ενεργειακού ισοζυγίου για μεμονωμένα άτομα MEMI. Συγκεκριμένα το μοντέλο MEMI βασίζεται στην παρακάτω εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου για το ανθρώπινο σώμα:

$$M^{\#} + W^{\#} + R^{\#} + C^{\#} + E_D + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0, \quad \text{Εξίσωση 3.4}$$

Όπου στην οποία τα σύμβολα δηλώνουν:

- $M^{\#}$, ο μεταβολικός ρυθμός εσωτερικής παραγωγή ενέργειας
- $W^{\#}$, η φυσική παραγωγή έργου
- $R^{\#}$, η καθαρή ακτινοβολία του σώματος
- $C^{\#}$, η ροή θερμότητας μεταφοράς από συναγωγή
- E_D , η λανθάνουσα ροή θερμότητας για να εξατμίσει το νερό που διαχέεται στο δέρμα
- E_{Re} , το άθροισμα των ροών θερμότητας για θέρμανση και υγρασία του εισπνεόμενου αέρα
- E_{Sw} , η ροή θερμότητας λόγω εξάτμισης του ιδρώτα
- S , η ροή θερμότητας αποθήκευσης για θέρμανση ή ψύξη της μάζας του σώματος

Οι όροι στην παραπάνω **εξίσωση 3.4** έχουν θετικό πρόσημο αν έχουν ως αποτέλεσμα ενεργειακό κέρδος για το σώμα και αρνητικό σε περίπτωση απώλειας ενέργειας, με εξαίρεση το $M^{\#}$ που είναι πάντα θετικό και τα W , E_D και E_{Sw} που είναι πάντα αρνητικά. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή **εξίσωση 3.4** είναι οι: θερμοκρασία αέρα, υγρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Ο PET ορίζεται ως ισοδύναμο με τη θερμοκρασία του αέρα που απαιτείται για να αναπαραχθεί σε τυποποιημένο εσωτερικό περιβάλλον και για τυποποιημένο άτομο οι θερμοκρασίες του πυρήνα και του δέρματος που παρατηρούνται υπό τις ανάλογες συνθήκες. Στην συνέχεια ακολουθεί πίνακας με το εύρος της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) για διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αντίληψης από τον άνθρωπο.

PET	Θερμική αντίληψη	Βαθμός καταπόνησης
Για <4 °C	Πολύ κρύα	Εξαιρετικά κρύα
Από 4 με 8 °C	Κρύα	Ισχυρά κρύα
Από 8 με 13 °C	Κρύα	Μέτρια κρύα
Από 13 με 18 °C	Ελαφρώς δροσερή	Ελαφρώς κρύα
Από 18 με 23 °C	Άνετη	Δεν υπάρχει καταπόνηση
Από 23 με 29 °C	Ελαφρώς ζεστή	Ελαφρώς ζεστή
Από 29 με 35 °C	Ζεστή	Μέτρια ζεστή
Από 35 με 41 °C	Πολύ ζεστή	Ισχυρά ζεστή

Για >41 °C	Καυτή	Εξαιρετικά ζεστή
------------	-------	------------------

Πίνακας 3.2 Το εύρος της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) για διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αντίληψης από τον άνθρωπο.

3.2.α.iii Ο δείκτης UTCI

Ο επόμενος δείκτης είναι ο UTCI (Universal Thermal Climate Index) ή αλλιώς ο γενικός δείκτης θερμικού κλίματος στα ελληνικά. Ουσιαστικά ο UTCI είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία για το περιβάλλον που προέρχεται από το περιβάλλον αναφοράς. Ορίζεται ως η θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος αναφοράς που παράγει την ίδια τιμή δείκτη strain index σε σύγκριση με την απόκριση του ατόμου αναφοράς στο πραγματικό περιβάλλον. Θεωρείται ως ένας από τους πιο ολοκληρωμένους δείκτες για τον υπολογισμό της θερμικής πίεσης σε εξωτερικούς χώρους.

Αυτός ο δείκτης αναπτύχθηκε για να έχει ένα τυπικό κριτήριο με στόχο την εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης σε ενός χώρου. Τα δεδομένα εισόδου για τον υπολογισμό του UTCI περιλαμβάνουν αρκετά δεδομένα, περιβαλλοντικά – κλιματικά και όχι μόνο, πχ ο μεταβολικός ρυθμός και θερμική αντίσταση ενδυμάτων. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό του UTCI περιλαμβάνουν:

- Την ξηρή θερμοκρασία
- Την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας
- Την πίεση υδρατμών ή σχετική υγρασία
- Την ταχύτητα ανέμου (σε υψόμετρο 10m)

Το UTCI χωρίζεται σε 10 ομάδες που κυμαίνονται από το έντονη κρύα καταπόνηση έως την υπερβολική ζέστη. Η ταχύτητα του ανέμου θα πρέπει να κυμαίνεται από 0,5 έως 17m/s για τον υπολογισμό του UTCI.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας με τις διάφορες τιμές του δείκτη αξιολόγησης της εσωτερικής άνεσης UTCI σε συνάρτηση με τις αντίστοιχες θερμικές καταπονήσεις για κάθε τιμή της θερμοκρασίας.

Η λογική είναι παρόμοια με τον δείκτη PMV και UTCI τόσο από την πλευρά των τιμών θερμοκρασίας όσο και από την πλευρά των κατηγοριών της θερμικής καταπόνησης.

Εύρος UTCI [°C]	Κατηγορία καταπόνησης
Για >46	Υπερβολικά θερμή
38 με 46	Ισχυρή θερμή
32 με 38	Αρκετά θερμή
26 με 32	Μέτρια θερμή
9 με 26	Δεν υπάρχει καταπόνηση
9 με 0	Μερικώς κρύα
0 με -13	Μέτρια κρύα
-13 με -27	Αρκετά κρύα
-27 με -40	Ισχυρή κρύα
Για < -40	Υπερβολικά κρύα

Πίνακας 3.3 Η Θερμική αίσθηση για τις διάφορες τιμές του UTCI.

3.2.α.iv Ο δείκτης SET

Το SET, το οποίο είναι ένας δείκτης που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία και την υγρασία του δέρματος. Δεδομένου ότι τα δεδομένα της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου εκτιμώνται σε επίπεδο 10m, τα δεδομένα εισόδου θα πρέπει να υπολογίζονται εκ νέου.

SET	Θερμική αντίληψη	Σωματική καταπόνηση
Για <17	Δροσερή	Μερικώς επικίνδυνη
17 με 30	Άνετη	Καθόλου επικίνδυνη
30 με 34	Ζεστή	Χρειάζεται προσοχή
34 με 37	Καυτή	Πολύ προσοχή
Για >37	Πολύ καυτή	Κίνδυνος

Πίνακας 3.4 Εκτίμηση θερμικής καταπόνησης με βάση τον δείκτη SET.

3.2.α.ν Ο δείκτης WBGT

Ο δείκτης WBGT (Wet-bulb globe temperature), ή θερμοκρασία υγρού βολβού σφαίρας στα ελληνικά, αναπτύχθηκε από τους Yaglou και Minard το 1957 και θεωρείται ως ένας από τους κύριους πειραματικούς δείκτες για τη μέτρηση της θερμικής καταπόνησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Ανάλογα με το πού βρίσκεται ένα άτομο, διάφορες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής θερμοκρασίας υγρού, της ακτινοβολίας και του μεταβολικού ρυθμού, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη. Για τους εσωτερικούς χώρους, η φυσική υγρή θερμοκρασία και η θερμοκρασία του υγρού βόλβου χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη, ενώ, για τους εξωτερικούς χώρους, λαμβάνεται επίσης υπόψη η ξηρή θερμοκρασία. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει τις απαραίτητες συστάσεις για τη συμμετοχή σε υπαίθριες δραστηριότητες σύμφωνα με τις τιμές του WBGT.

WBGT [°C]	Συνιστώμενη αθλητική δραστηριότητα
Για <18	Απεριόριστες
18 με 23	Χρειάζεται προσοχή για πιθανές αυξήσεις του δείκτη και για συμπτώματα θερμικής καταπόνησης
23 με 28	Η ενεργός άσκηση για μη εγκλιματισμένα άτομα πρέπει να περιοριστεί
28 με 30	Η ενεργητική άσκηση για όλους εκτός από τους καλά εγκλιματισμένους θα πρέπει να περιοριστεί
Για >30	Όλες οι προπονήσεις πρέπει να σταματήσουν

Πίνακας 3.5 Οι κατάλληλες υπαίθριες δραστηριότητες σύμφωνα με τις τιμές του WBGT.

Παράπανω αναφέρθηκαν οι βασικότεροι δείκτες αξιολόγησης της θερμικής άνεσης, συγκεκριμένα οι PMV/PPD, PET, UTCI, SET και WBGT. Κανένας δείκτης δεν είναι το ίδιο αποδοτικός σε όλες τις διαφορετικές περιβαλλοντικές περιπτώσεις. Για αυτόν το λόγο, προκειμένου να υπάρχει μία ακριβή εικόνα της θερμικής άνεσης, είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω δεικτών. Απο τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η θερμική άνεση των ανθρώπων αποτελεί το σημείο έναρξης του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Συνοψίζοντας η θερμική άνεση είναι μία κατάσταση στην οποία δεν υπάρχουν προβλήματα στο περιβάλλον που χρειάζεται να επιδιορθωθούν. Σε ένα θερμικά άνετο κτίριο τα άτομα μπορούν να χαλαρώσουν, εάν πρόκειται για κτίριο κατοικίας, και γενικότερα να έχουν έναν πιο υγιή τρόπο ζωής. Έχει αποδειχθεί ότι πολλά προβλήματα, όπως το άγχος, μπορούν να περιοριστούν σε ένα τέτοιο κτίριο.

Εκτός από τους παράγοντες των ανθρώπων όπως οι δραστηριότητες και η ενδυμασία η θερμική άνεση εξαρτάται από:

- Την **θερμοκρασία ακτινοβολίας**, η πιο συνηθισμένη πηγή που ακτινοβολεί θερμότητα είναι οι ακτίνες του ήλιου. Κάθε σώμα που είναι θερμότερο από τα γύρω σώματα ακτινοβολεί θερμότητα.
- Την **θερμοκρασία του αέρα**, ίσως ο πιο προφανής παράγοντας που σχετίζεται με την θερμική άνεση. Η θερμοκρασία που αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι είναι μία μέση τιμή της θερμοκρασίας των επιφανειών, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας του αέρα. Μαζί αυτές οι τρεις θερμοκρασίες δημιουργούν την θερμοκρασία λειτουργίας T_{op} που αναφέρθηκε πιο πάνω.
- Την **υγρασία του κτιρίου**, η οποία σε ένα κτίριο εξαρτάται από τη υγρασία του περιβάλλοντος, τις εναλλαγές του αέρα, τα υλικά του κτιρίου, τα έπιπλα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως αναπνοή, ιδρώτας, καθάρισμα κτλ. Επιπλέον τα επίπεδα της υγρασίας σε έναν εσωτερικό χώρο εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από την υγρασία στο εξωτερικό περιβάλλον. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος μέτρησης των επιπέδων υγρασίας είναι με την σχετική υγρασία. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι υψηλά επίπεδα υγρασίας σε εσωτερικές επιφάνειες μπορούν να δημιουργήσουν διάφορα προβλήματα όπως η μούχλα.
- Την **ταχύτητα του αέρα**, της οποίας η κατάλληλη τιμή εξαρτάται από την θερμοκρασία. Τον χειμώνα δεν είναι επιθυμητό να υπάρχουν μεγάλες ταχύτητες αέρα ενώ το καλοκαίρι μπορεί να βοηθήσουν στην ψύξη ενός χώρου.

3.2.β Φωτισμός

Ο φωτισμός αποτελεί έναν άλλον σημαντικό παράγοντα για ένα άνετο κτίριο. Το φως παίζει σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της ανθρώπινης ζωής. Χάρης αυτό μπορεί το άτομο να διακρίνει τα διάφορα αντικείμενα και να εκτιμήσει την ομορφιά του περιβάλλοντος. Ένα κτίριο που δεν έχει καλό φωτισμό δεν μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες άνεσης και χαλάρωσης. Επιπλέον παραπάνω φωτισμός από τον απαραίτητο εκτός του ότι δημιουργεί ακατάλληλες συνθήκες για τους ανθρώπους είναι και επιπλέον κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. Για αυτόν το λόγο πρέπει να αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός σε όσο μεγαλύτερο βαθμό γίνεται. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση σε σχέση με τον φωτισμό είναι:

- Επίπεδα φωτισμού
- Ομοιομορφία φωτισμού
- Φασματική σύνθεση φωτός
- Χωρική κατανομή φωτός
- Χρονική κατανομή φωτός
- Αντηλιά
- Χρονική μεταβολή φωτός

Επομένως εκτός της θερμικής άνεσης, ένας σχεδιαστής όταν σχεδιάζει ένα βιοκλιματικό κτίριο πρέπει να λάβει υπόψιν την σημασία που έχει ο κατάλληλος φωτισμός.

3.2.γ Μυρωδιά και όσφρηση

Ένα κτίριο πρέπει να έχει συνθήκες άνεσης και στο επίπεδο της όσφρησης. Είναι αυτονόητο πως αν ένα κτίριο δεν έχει καλό εξαερισμό και επικρατεί συνέχεια δυσοσμία, δημιουργεί ένα περιβάλλον ακατάλληλο για τους ανθρώπους. Η μυρωδιά ενός χώρου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως :

- Επίπεδα εξαερισμού
- Σχετική Υγρασία
- Οσμές
- Επίπεδα ρύπων
- Ύπαρξη μούχλας
- Ύπαρξη καπνού, πχ από τσιγάρα

Συνεπώς στις παραπάνω ανέσεις, θερμική και κατάλληλος φωτισμός, προστίθεται και η οσφρητική άνεση.

3.2.δ Ηχητική άνεση και θόρυβος

Ένα ιδανικό περιβάλλον στο εσωτερικό ενός κτιρίου χαρακτηρίζεται από ησυχία και ηρεμία. Είναι ξεκάθαρο πως δεν μπορεί να θεωρηθεί άνετο ένα κτίριο στο οποίο επικρατεί φασαρία. Αυτή η άνεση γίνεται ακόμα πιο αναγκαία σε κτίρια κατοικίας, στα οποία οι κάτοικοι τα χρησιμοποιούν για να χαλαρώσουν και να ξεκουραστούν. Προφανώς δεν είναι εφικτό ένα κτίριο να εμποδίζει όλους τους εξωτερικούς θορύβους, ωστόσο με κατάλληλη ηχομόνωση αυτός ο θόρυβος μπορεί να περιοριστεί σημαντικά και να μην αποτελεί πρόβλημα. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ηχητική άνεση ενός κτιρίου είναι:

- Εσωτερικές πηγές θορύβου
- Εξωτερικές πηγές θορύβου
- Ηχομόνωση

Άρα στην θερμική άνεση, στον κατάλληλο φωτισμό και στην οσφρητική άνεση εντάσσεται και η ηχητική άνεση, εξίσου σημαντική με τις προηγούμενες.

3.2.ε Εργονομική άνεση και αρχιτεκτονική

Η κατασκευή και η αρχιτεκτονική ενός κτιρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού πρέπει να πληρεί τα κριτήρια αισθητικής και πρακτικότητας των ανθρώπων. Εκτός από τα αντικειμενικά κριτήρια, η εργονομική άνεση είναι και προσωπική άποψη του κάθε ατόμου και κατ' επέκταση κάθε κουλτούρας. Είναι πολύ σημαντικό η δομή και κατασκευή του κτιρίου να ευνοεί και να βοηθά τους ανθρώπους και όχι να τους δυσκολεύει. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εργονομική άνεση είναι:

- Διαστάσεις κτιρίου
- Αναλογίες κτιρίου
- Αντικείμενα και επίπλωση
- Επιφανειακά υλικά
- Δομή κτιρίου

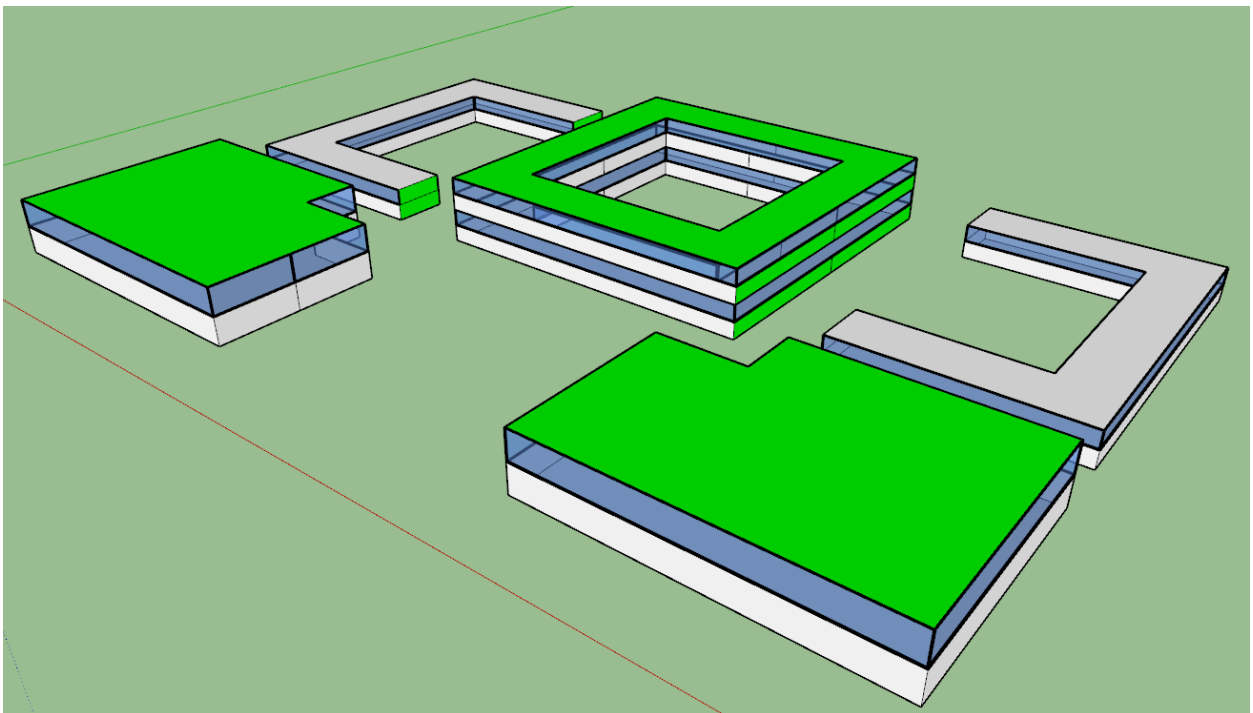
Επομένως τελικά έχουμε πέντε σημαντικά επίπεδα άνεσης τα οποία πρέπει να πληρούνται σε κάθε κτίριο πόσο μάλλον σε ένα βιοκλιματικό. Η **θερμική άνεση**, ο **κατάλληλος φωτισμός**, η **οσφρητική άνεση**, η **ηχητική άνεση** και η **εργονομική άνεση** είναι απαραίτητο να υπάρχουν ταυτόχρονα, διότι έστω και ένα είδος άνεσης να λείπει, το κτίριο χάνει αμέσως την ικανότητά του να παρέχει ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον

Είδος άνεσης	Ανθρώπινη αίσθηση	Παράγοντες
Θερμική	Αφή, το δέρμα	Θερμοκρασία αέρα, Επιφανειακές θερμοκρασίες, Κίνηση του αέρα, Ηλιακή ακτινοβολία, Σχετική υγρασία (RH), Επίπεδα Μεταβολισμού, Επίπεδα Ένδυσης
Φωτισμός	Όραση, τα μάτια	Επίπεδα φωτισμού, Ομοιομορφία φωτισμού, Φασματική σύνθεση φωτός, Χωρική κατανομή φωτός, Χρονική κατανομή φωτός, Ανηλιά, Χρονική μεταβολή φωτός
Οσφρητική	Όσφρηση, η μύτη	Επίπεδα εξαερισμού, Σχετική Υγρασία, Οσμές, Επίπεδα ρύπων, Ύπαρξη μούχλας, Καπνός πχ. τσιγάρα
Ηχητική	Ακοή, τα αυτιά	Εσωτερικές και Εξωτερικές πηγές θορύβου, Ηχομόνωση,
Εργονομική	Αισθητική	Διαστάσεις κτιρίου, Αναλογίες κτιρίου, Αντικείμενα και επίπλωση, Επιφανειακά υλικά, Δομή κτιρίου

Πίνακας 3.6 Τα είδη άνεσης και οι αντίστοιχοι παράγοντες.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

Σχεδιασμός Βιοκλιματικού Κτιρίου



4.1 Το Βιοκλιματικό Κτίριο

Το κτίριο που θα σχεδιαστεί θα πρέπει να ακολουθεί τις παραπάνω αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Στην παρούσα διπλωματική εφόσον θα ακολουθήσει προσομοίωση του μοντέλου του μικροκλίματος στον εξωτερικό χώρο γύρω από το κτίριο, θα δωθεί έμφαση στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως η γεωμετρία και το σχήμα του κτιρίου, τα υλικά κατασκευής του, ο προσανατολισμός, τα κουφώματα και προφανώς η εξωτερική τοπική βλάστηση. Επομένως το βιοκλιματικό κτίριο θα σχεδιαστεί με έναν τυποποιημένο τρόπο και συγκεκριμένα θα ακολουθήσει την διαδικασία σχεδιασμού του Παθητικού Κτιρίου. Ο ορισμός και τα κύρια χαρακτηριστικά του ΠΚ έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα της διπλωματικής εργασίας ωστόσο σε αυτήν την ενότητα θα τους δωθεί περισσότερη έμφαση.

Συνεπώς το βιοκλιματικό κτίριο θα είναι μία προσέγγιση ενός ΠΚ, μια ειδική κατηγορία κτιρίων που εντάσσονται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Επιπρόσθετα πρέπει να σημειωθεί ότι το κτίριο θα έχει σκοπό να λειτουργήσει ως **σχολείο**. Αυτό σημαίνει ότι μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα το κλίμα στην περιοχή γύρω από το σχολείο τις περιόδους που λειτουργεί (από Σεπτέμβριο μέχρι Ιούνιο) να είναι κατάλληλη για τους μαθητές κατά την διάρκεια ενός διαλείμματος και γενικότερα αφού όπως έχει αναφερθεί τα κτίρια μπορούν να επηρεάσουν το μικροκλίμα μιας περιοχής.

Ένας μαθητής αφιερώνει περίπου το 1/3 της ημέρας του στο σχολείο που σημαίνει ότι είναι πολύ σημαντικό αν όχι απαραίτητο αυτή η εμπειρία, από πλευράς συνθηκών άνεσης, να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη γίνεται. Συγκεκριμένα επεκτείνοντας τις συνθήκες άνεσης που προαναφέρθηκαν για το εξωτερικό περιβάλλον, η περιοχή γύρω από το σχολείο πρέπει:

- Να έχει κατάλληλες θερμικές συνθήκες. Οι μαθητές δηλαδή να μην ζεσταίνονται ούτε να κρυώνουν. Αυτό θα επιτευχθεί με την κατάλληλη γεωμετρία και υλικά του κτιρίου και με την κατάλληλη τοπική βλάστηση.
- Να έχει κατάλληλες συνθήκες φωτισμού, κυρίως φυσικού. Δηλαδή στην προσπάθεια να είναι κλειστό το προαύλιο προκειμένου να έχει κατάλληλη θερμοκρασία εγκυμονεί ο κίνδυνος να μην έχει επαρκή φωτισμό. Επιλέον το κτίριο θα πρέπει να έχει κατάλληλα ανοίγματα κουφώματα με σωστό προσανατολισμό και μέγεθος.
- Να έχει κατάλληλη μυρωδιά. Αυτός ο παράγοντας εξαρτάται από την βλάστηση και συγκεκριμένα από την ποσότητα, το είδος και την κατανομή των διάφορων δέντρων.

- Να προσφέρει επαρκή ηχητική μόνωση. Αν πρόκειται για σχολείο που βρίσκεται σε κάποιο κεντρικό σημείο αυτή η παράμετρος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αυτή εξαρτάται από την βλάστηση, την γεωμετρία και τα υλικά του κτιρίου.
- Να έχει κατασκευαστεί με να κατάλληλα υλικά και γεωμετρία. Τα υλικά είναι πολύ σημαντικά γιατί επηρεάζουν σχεδόν ολά τα είδη άνεσης. Θα πρέπει η δομή του να είναι πρακτική και να βοηθάει τους μαθητές, πχ να μην έχει μεγάλες αποστάσεις περπατήματος.

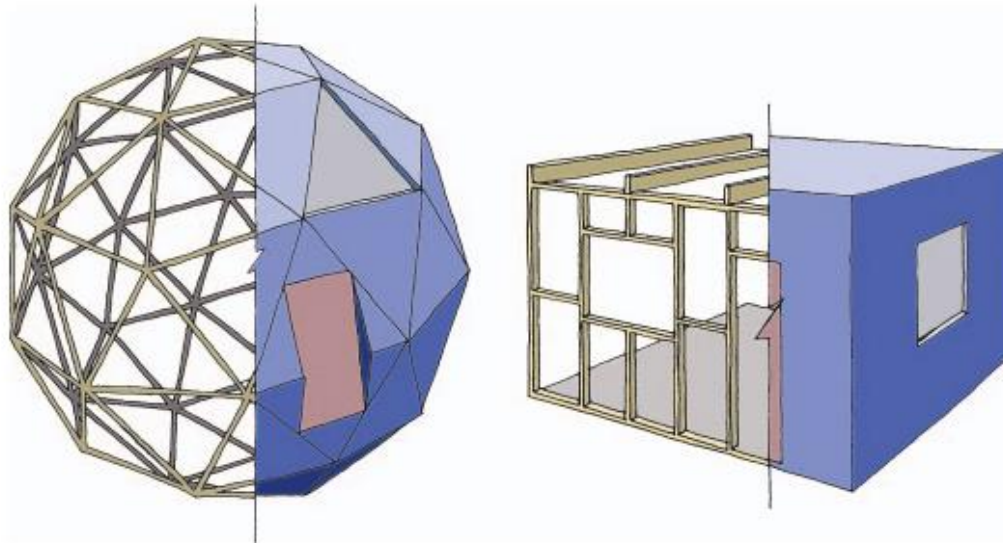
Στην συνέχεια θα παρουσιαστεί αναλυτικά η κάθε παράμετρος του σχεδιασμού του κτιρίου με στόχο τις κατάλληλες τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και την οικονομικότερη κατανάλωση ενέργειας.

4.2 Η Γεωμετρία του κτιρίου

Η μεταφορά θερμότητας στον θερμικό φάκελο ενός κτιρίου συνδέεται άμεσα με την επιφάνεια του θερμαινόμενου ή κλιματιζόμενου χώρου. Με άλλα λόγια η γεωμετρία και ειδικότερα το σχήμα επηρεάζει την μετάδοση θερμότητας. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια του κτιρίου τόσο περισσότερη θερμότητα μεταφέρεται. Επομένως είναι επιθυμητή η δημιουργία μιας γεωμετρίας που δημιουργεί μεγάλους όγκους με την μικρότερη δυνατή επιφάνεια.

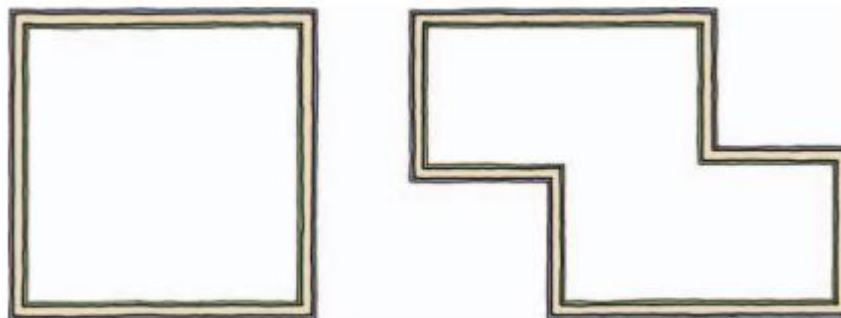
Από τα μαθηματικά είναι γνωστό ότι το σχήμα που έχει τον μεγαλύτερο όγκο για την μικρότερη επιφάνεια είναι η σφαίρα. Ωστόσο δεν είναι πρακτικό να κατασκευαστούν σφαιρικά κτίρια ή να δημιουργηθούν εσωτερικοί χώροι σε ένα κτίριο με σφαιρικό σχήμα όπως το πάτωμα. Η επόμενη καλύτερη επιλογή μετά από την σφαίρα είναι ο κύβος. Ο κύβος είναι πιο πρακτικό σχήμα για κτίρια τόσο ως προς τον σχεδιασμό και την κατασκευή αλλά και ως σχήμα για έναν εσωτερικό χώρο με έπιπλα. Συνεπώς, παρά το γεγονός ότι η σφαίρα έχει τον καλύτερο κλάσμα όγκου προς επιφάνεια, η δυσκολία κατασκευής της την καθιστά ακατάλληλη. Το κτίριο του σχολείου στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση του μοντέλου μικροκλίματος στο ENVI-met Student θα έχει σχήμα κύβου και συγκεκριμένα θα είναι συνδυασμός ορθογωνίων παραλληλεπίπεδων.

Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει πως τα κτίρια που έχουν κυβικό σχήμα είναι αυτόματα και ενεργειακά καθώς είναι και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την μετάδοση θερμότητας του θερμικού φακέλου του κτιρίου.



Εικόνα 4.1 Σύγκριση σφαίρας και κύβου για κατασκευή κτιρίου. Εικόνα από το δεύτερο βιβλίο της βιβλιογραφίας, *POSITIVE ENERGY HOMES Creating Passive Houses for Better Living*.

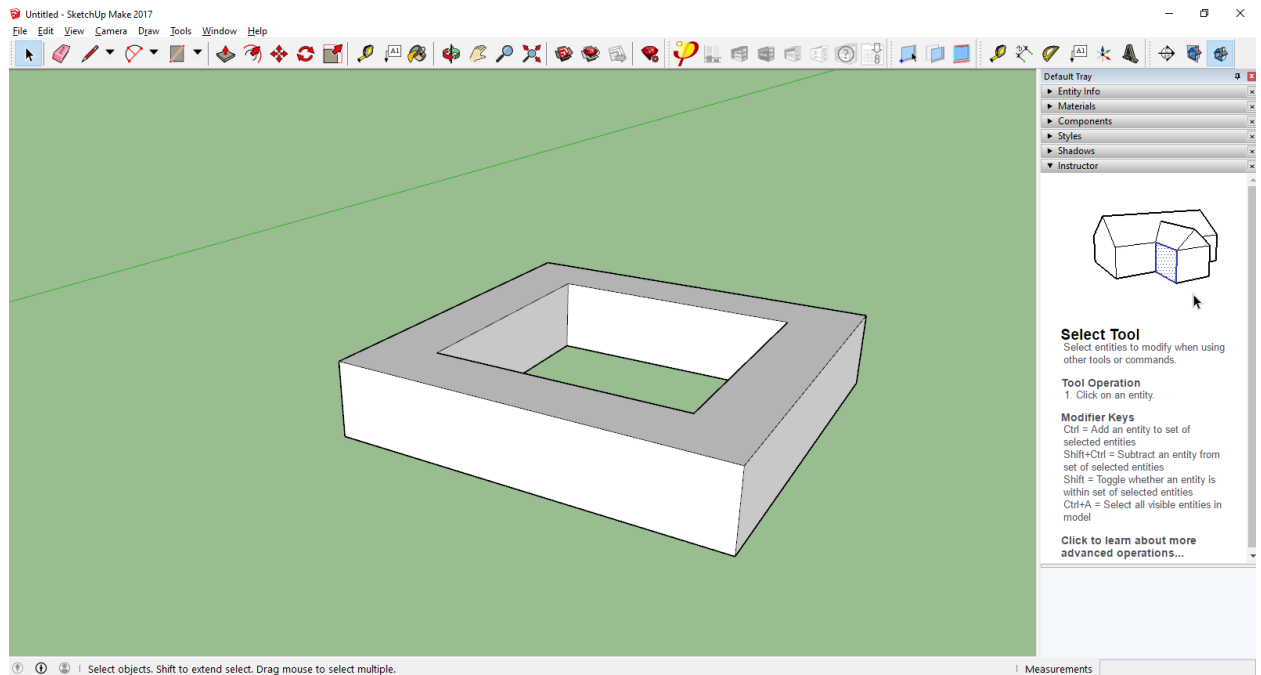
Επιπλέον είναι σημαντικό το σχήμα του κτιρίου να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες γωνίες για την αποφυγή επιπλέον θερμογεφυρών. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζεται η ίδια επιφάνεια εδάφους ενός χώρου. Αυτό που αλλάζει είναι ο σχήμα του χώρου. Στο δεξιό σχήμα που έχει περισσότερες γωνίες υπάρχουν περισσότερες απώλειες θερμότητας από τους τείχους.



Εικόνα 4.2 Σύγκριση σχημάτων των εδαφών των κτιρίων. Το εμβαδόν είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις αλλά η πλάκα στην δεξιά πλευρά έχει 20% περισσότερες απώλειες θερμότητας από τους τοίχους. Εικόνα από το δεύτερο (2) βιβλίο της βιβλιογραφίας.

Γίνεται επομένως φανερό πως ένας θερμικός φάκελος με απλό σχήμα συνοδεύεται από πολλά πλεονεκτήματα. Η μειωμένη πολυπλοκότητα στην γεωμετρία βοηθά τα κτίρια να προσαρμόζονται πιο εύκολα στις μεταβολές των αναγκών των ανθρώπων.

Επομένως το κτίριο θα έχει κυβικό σχήμα για τους παραπάνω λόγους. Παρακάτω φαίνεται η γεωμετρία του κεντρικού κτιρίου στο λογισμικό σχεδιασμού SketchUp 2017.



Εικόνα 4.3 Η γεωμετρία του κεντρικού κτιρίου του σχολείου στο SketchUp 2017.

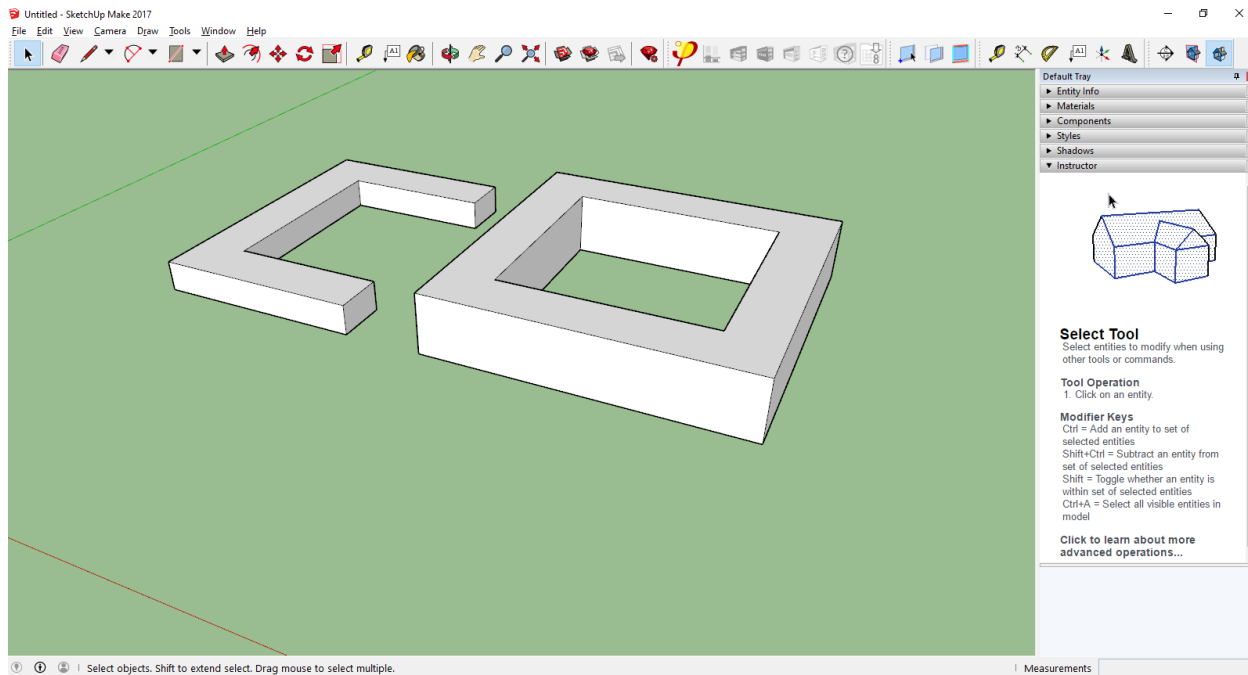
Το συγκεκριμένο κτίριο έχει διαστάσεις 60m x 60m και ύψος 12m. Το κενό στο κέντρο έχει σκοπό να δημιουργήσει έναν «μεσαίο» διαχωρισμό μεταξύ του περιβάλλοντος για να παρέχει καλύτερες συνθηκές άνεση στους μαθητές. Το συγκεκριμένο κτίριο θα ονομαστεί Α και τα χαρακτηριστικά του είναι:

Χαρακτηριστικά κτιρίου Α	Τιμές στις μονάδες SI
Μήκος	60 m
Πλάτος	60 m
Ύψος	12 m
Επιφάνεια τοίχων	6.800 m ²
Όγκος	24.000 m ³

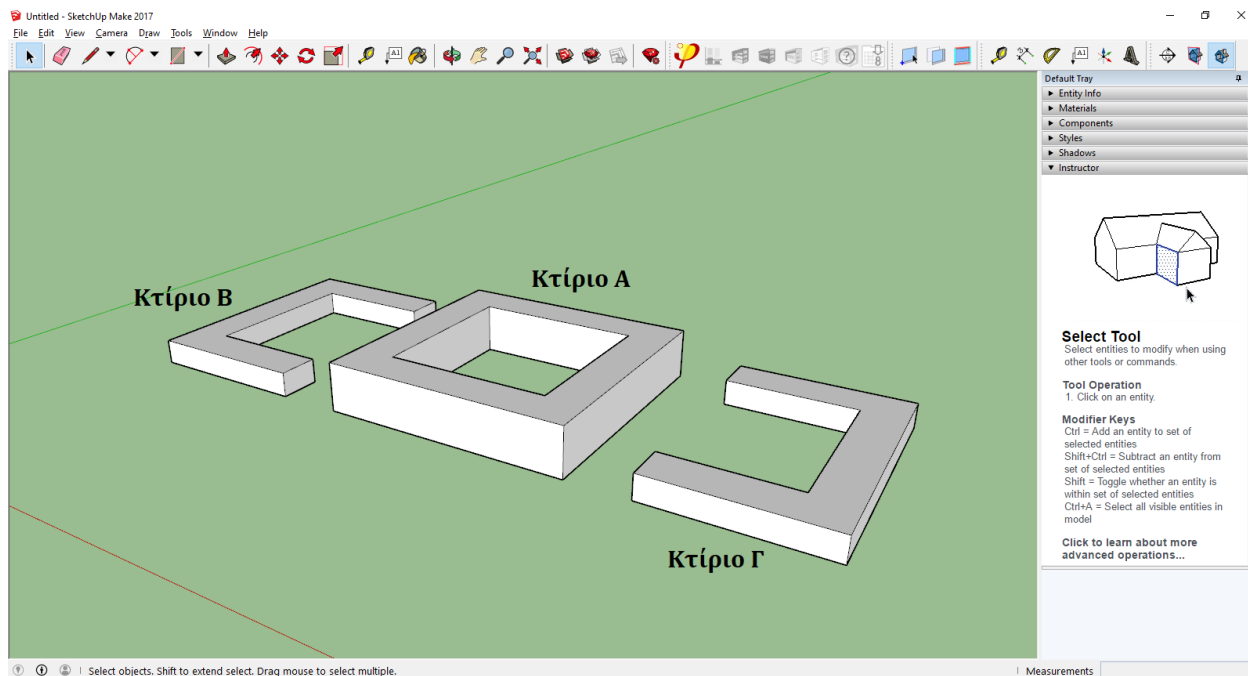
Πίνακας 4.1 Τα χαρακτηριστικά του κτιρίου Α.

Στην συνέχεια ακολουθούν τα δύο συμμετρικά κτίρια που βρίσκονται στα ανατολικά και δυτικά.

Το αριστερό, δηλαδή το δυτικό, θα ονομασθεί κτίριο Β και το δεξιό, το ανατολικό, θα ονομασθεί κτίριο Γ. Παρακάτω φαίνεται το κτίριο Β, το αριστερά στο λογισμικό σχεδιασμού SketchUp 2017.



Εικόνα 4.4 Η γεωμετρία του κτιρίου Β του σχολείου.



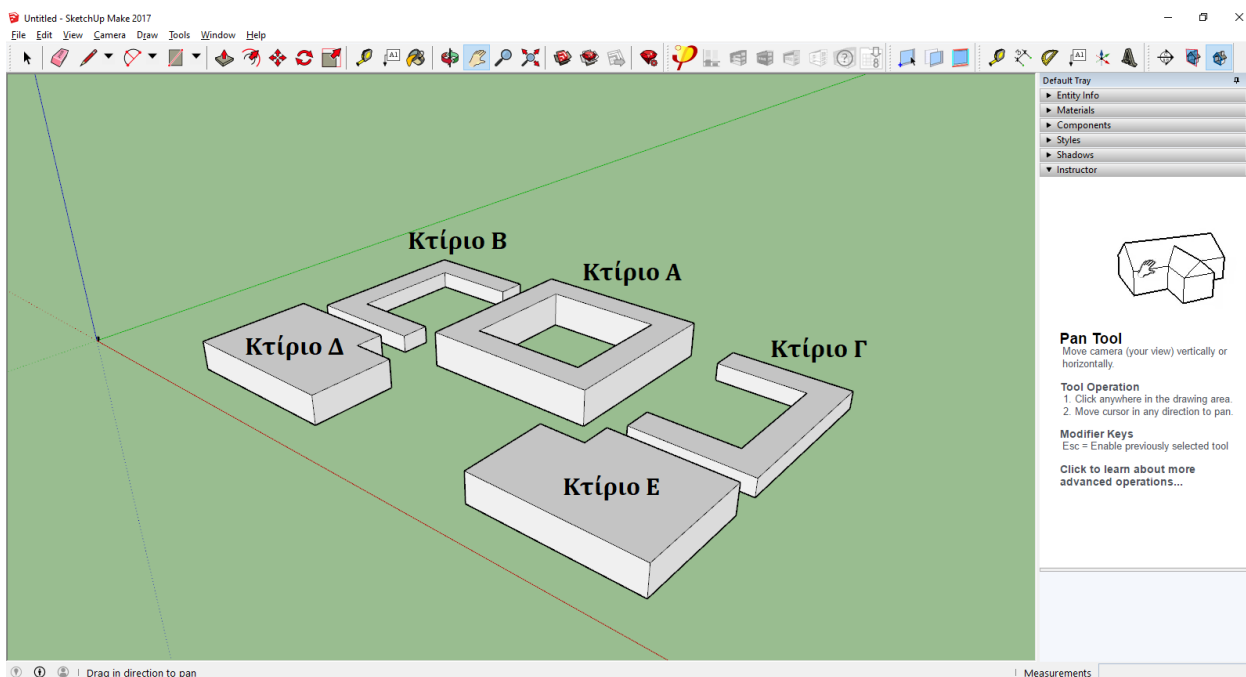
Εικόνα 4.5 Η γεωμετρία του κτιρίου Γ του σχολείου μαζί με τα Α και Β.

Τα δύο αυτά κτίρια ισαπέχουν και είναι τελείως συμμετρικά ως προς το κτίριο Α από θέματα διαστάσεων και απέχουν από το κτίριο Α 15m. Τα κτίρια Β και Γ έχουν ίδιες διαστάσεις με ύψος 6m, μήκος 40m και πλάτος 60m. Αναλυτικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χαρακτηριστικά κτιρίων Β και Γ	Τιμές στις μονάδες SI
Μήκος	40 m
Πλάτος	60 m
Ύψος	6 m
Επιφάνεια τοίχων	2760 m ²
Όγκος	7200 m ³

Πίνακας 4.2 Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων Β και Γ.

Στην συνέχεια θα σχεδιαστούν άλλα δύο όμοια γεωμετρικά σχήματα αλλά συμμετρικά. Τα κτίρια Δ και Ε. Το κτίριο Δ βρίσκεται νοτιοδυτικά του κεντρικού κτιρίου Α, δηλαδή κάτω από το κτίριο Β και το κτίριο Ε βρίσκεται νοτιοανατολικά του κτιρίου Α, δηλαδή κάτω από το κτίριο Γ. Τα δύο αυτά κτίρια έχουν ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις και απέχουν από τα κτίριο Β και Γ 10m. Παρακάτω φαίνονται όλα τα κτίρια στο λογισμικό σχεδιασμού SketchUp 2017.



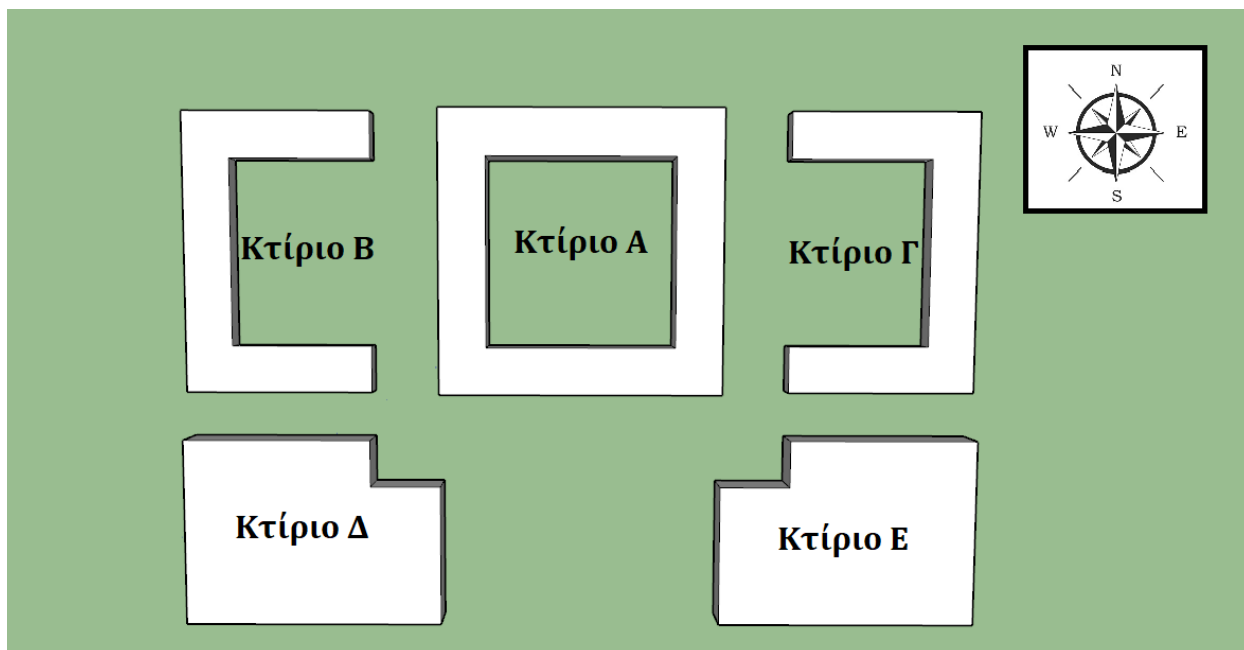
Εικόνα 4.6 Η γεωμετρία των κτιρίων Δ και Ε μαζί με τα υπόλοιπα.

Αναλυτικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χαρακτηριστικά κτιρίων Δ και Ε	Τιμές στις μονάδες SI
Μήκος	55 m
Πλάτος	40 m
Ύψος	10 m
Επιφάνεια τοίχων	3950m ²
Όγκος	20500 m ³

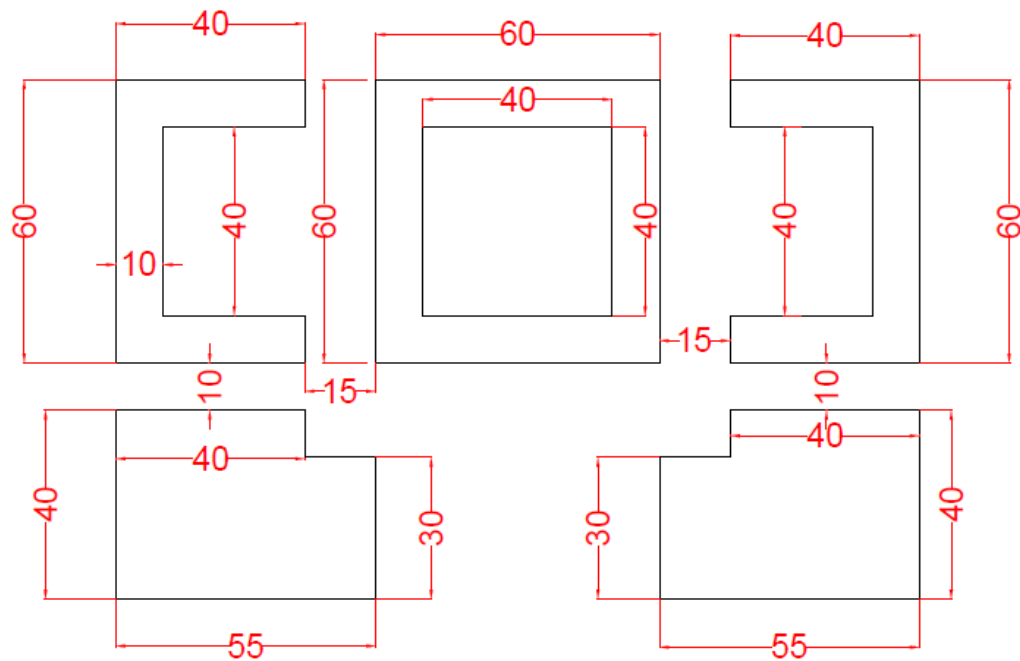
Πίνακας 4.3 Τα χαρακτηριστικά των κτιρίων Δ και Ε.

Στην συνέχεια φαίνονται όλα τα κτίρια του σχολείου σε κάτοψη με τον κατάλληλο προσανατολισμό. Η κάτοψη είναι από το λογισμικό σχεδιασμού SketchUp 2017.



Εικόνα 4.7 Κάτοψη των κτιρίων του σχολείου στο SketchUp 2017.

Οι διαστάσεις και αποστάσεις των κτιρίων φαίνονται αναλυτικά στο παρακάτω σχέδιο. Πρέπει να σημειωθεί ότι το παρακάτω σχέδιο δεν αποτελεί τελικό σχέδιο του κτιρίου. Σε αυτό θα προστεθούν στην συνέχεια τα ανοίγματα και τα παράθυρα.



Εικόνα 4.8 Το σχέδιο του σχολείου στο AutoCAD με τις αντίστοιχες διαστάσεις σε m.

4.3 Τα υλικά του κτιρίου

Τα υλικά ενός κτιρίου παίζουν κυρίαρχο ρόλο σε πάρα πολλούς παράγοντες με τον πιο προφανή να είναι η αντοχή του κτιρίου. Επιπλέον τα υλικά καθορίζουν την αεροστεγανότητα του κτιρίου, την ηχομόνωση, την μεταφορά θερμότητας μέσω των τοίχων και κατά συνέπεια τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες που θα επικρατούν γύρω από το κτίριο. Συνεπώς είναι πάρα πολύ σημαντικό να επιλεγούν τα κατάλληλα υλικά.

Ένας τοίχος από ένα κτίριο, πόσο μάλλον από ένα βιοκλιματικό, αποτελείται από συνδυασμό υλικών για να έχει καλύτερη απόδοση. Έχει διάφορες στρώσεις υλικών συγκεκριμένα μπορεί ένας τοίχος έχει στρώση για:

- Για προστασία από τον άνεμο
- Για προστασίας από τις καιρικές συνθήκες όπως βροχή και χιόνι
- Για θερμική μόνωση
- Για ηχητική μόνωση
- Για αεροστεγανότητα

Επομένως ένας τοίχος προκειμένου να καλύπτει τις παραπάνω προϋποθέσεις, είναι απαραίτητο έχει πολλά υλικά σε σειρά.

Εφόσον η προσομοίωση αφορά εξωτερικό περιβάλλον, χρειάζεται να δωθεί μόνο το εξωτερικό υλικό. Ένα αεροστεγανό και γενικά αρκετά χρησιμοποιημένο υλικό είναι το σκυρόδεμα (concrete). Επομένως στο ENVI-met το κτίριο θα σχεδιαστεί με σκυρόδεμα.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στα βιοκλιματικά κτίρια χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα εξωτερική στρώση μόνωσης. Σκοπός της είναι να απομονώσει το εσωτερικό του κτιρίου από τις εξωτερικές συνθήκες. Γενικά το πόσο παχιά θα είναι η μόνωση περιορίζεται μόνο στο πόσα χρήματα μπορεί να διαθέσει ο κατασκευαστής. Πάντως η αύξηση της στρώσης της μόνωσης θα έχει πάντα θετικά αποτελέσματα και οι κύριοι στόχοι της είναι να:

- Να αποτρέψει τις εξωτερικές συνθήκες να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το εσωτερικό του κτιρίου
- Να αποτρέψει την ανεπιθύμητη απώλεια ή κέρδος θερμότητας
- Να αποτρέψει τον ήχο από το να μπει στο κτίριο

Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν υλικά που είναι μόνο θερμικοί μονωτές και όχι ηχητικοί.

4.4 Τα ανοίγματα και τα παράθυρα

Τα παράθυρα σε ένα κτίριο είναι απαραίτητα. Με αυτά επιτυγχάνεται ο φυσικός φωτισμός καθώς και ο αερισμός. Επιπλέον τα παράθυρα επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την ψυχολογία των ανθρώπων, φτάνει να σκεφτεί κανείς πως θα ήταν να κατοικεί κάποιος σε έναν κτίριο χωρίς κανένα άνοιγμα. Ωστόσο από θερμικής πλευράς τα παράθυρα αποτελούν τα αδύναμα σημεία του κτιρίου, αφού σε αυτά παρατηρούνται οι μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας (θερμογέφυρες). Επομένως τα κουφώματα είναι σαν ένα δίκοππο μαχαίρι, από την μία βοηθούν και από την άλλη «αποδυναμώνουν» τον θερμικό φάκελο του κελύφους του κτιρίου. Ακόμα και τα πιο θερμικά αποδοτικά κουφώματα, τα κουφώματα τύπου τριπλού υαλού χάνουν περισσότερη θερμότητα από έναν συνηθισμένο τοίχο.

Το ποσό της θερμότητα που διαπερνάει ένα κούφωμα εξαρτάται από:

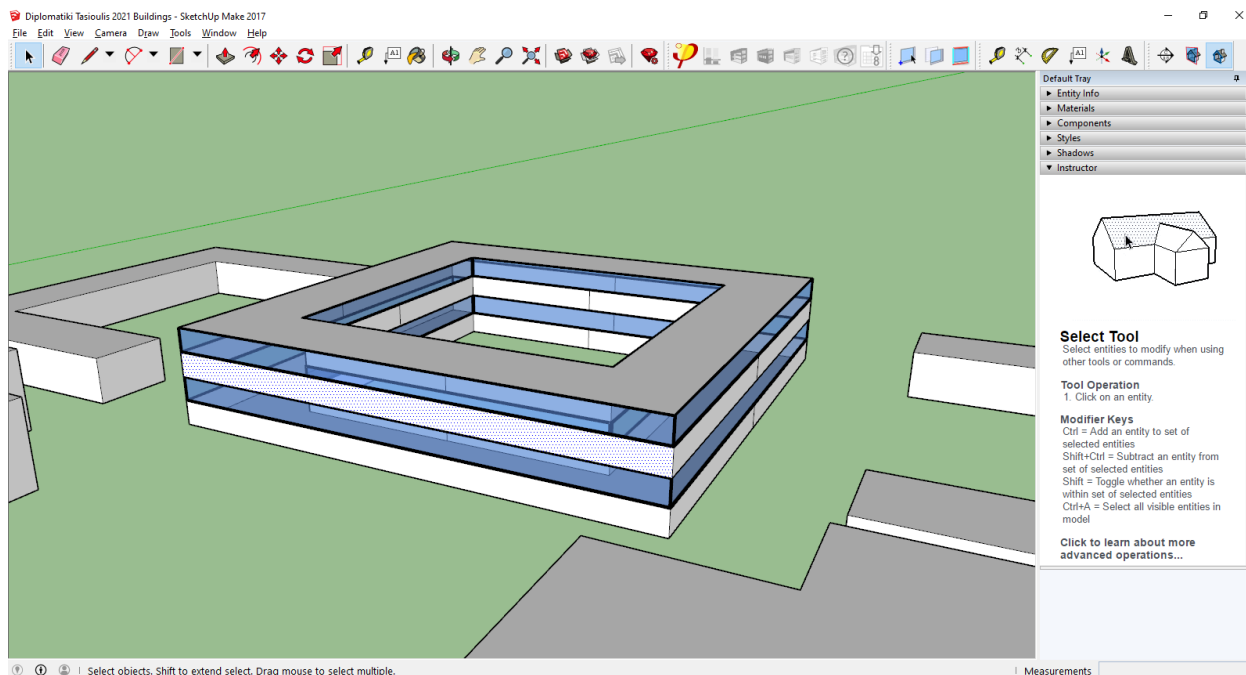
- Τον προσανατολισμό του
- Το μέγεθος και την γεωμετρία του
- Τις οπτικές και θερμικές ιδιότητές του
- Την σκίαση του

Επομένως υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός κουφώματος. Επιπρόσθετα ένας παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση ενός κουφώματος είναι ο τρόπος εγκατάστασής του, με την ιδανική τοποθέτηση να βρίσκεται στην μέση των στρωμάτων της μόνωσης. Παράλληλα τα παράθυρα πρέπει να είναι αεροστεγανά, να παρέχουν μόνωση (θερμική και ηχητική) και γενικότερα να έχουν αντοχή ως προς τα καιρικά φαινόμενα όπως ο αέρας και η βροχή. Μία μέθοδος για την ποσότητα και τις διαστάσεις των κουφωμάτων που έχει καθολική χρήση για κάθε κτίριο περιλαμβάνει τους εξής κανόνες:

- Το συνολικό εμβαδόν των κουφωμάτων του κτιρίου πρέπει να είναι περίπου το 10-20% της επιφάνειας του εδάφους (για κατοικία)
- Η πλειοψηφία των κουφωμάτων πρέπει να έχουν προσανατολισμό προς τον ισημερινό
- Τα κουφώματα πρέπει να είναι τοποθετημένα ψηλά στον τοίχο με κατάλληλη σκίαση για τον καλοκαιριό ήλιο,
- Τα ανατολικά και δυτικά προσανατολισμένο παράθυρα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερα, διότι είναι δύσκολο να ρυθμιστεί η αύξηση θερμότητας και η αντηλιά λόγω της μετακίνησης του ηλίου.

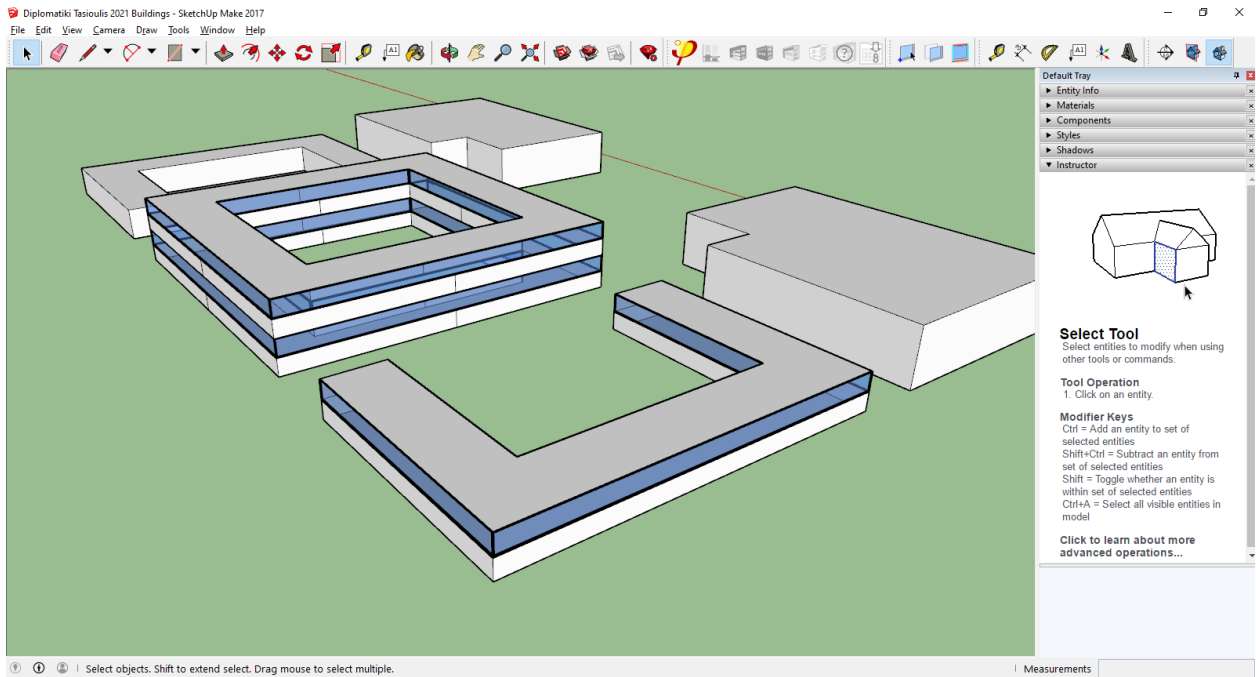
Οι παραπάνω κανόνες θα εφαρμοστούν σε κάθε κτίριο του σχολείου.

Κτίριο A



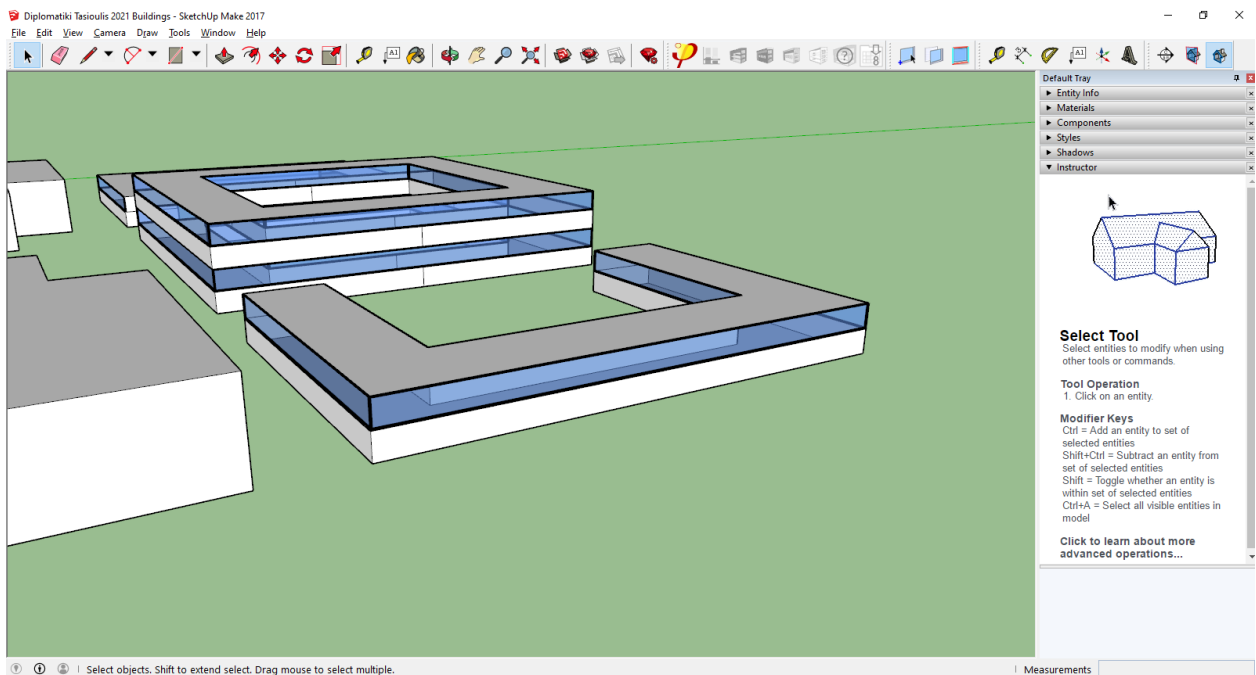
Εικόνα 4.9 Το κτίριο A με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.

Κτίριο Β



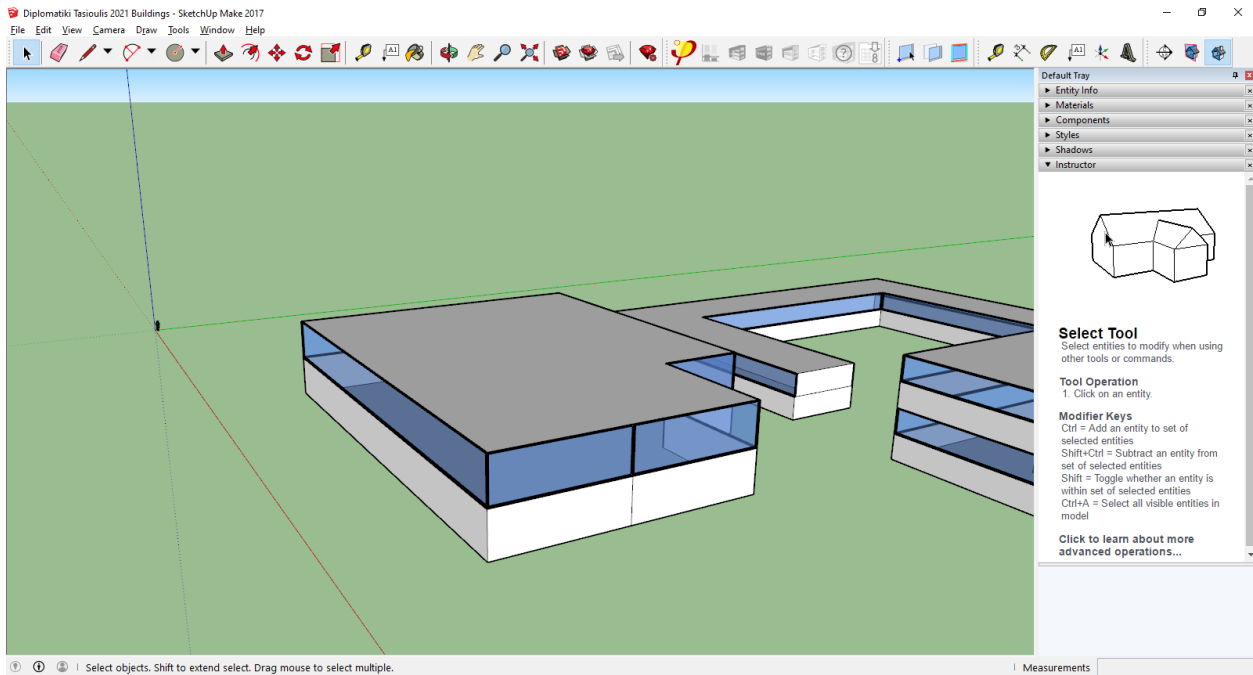
Εικόνα 4.10 Το κτίριο Β με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.

Κτίριο Γ



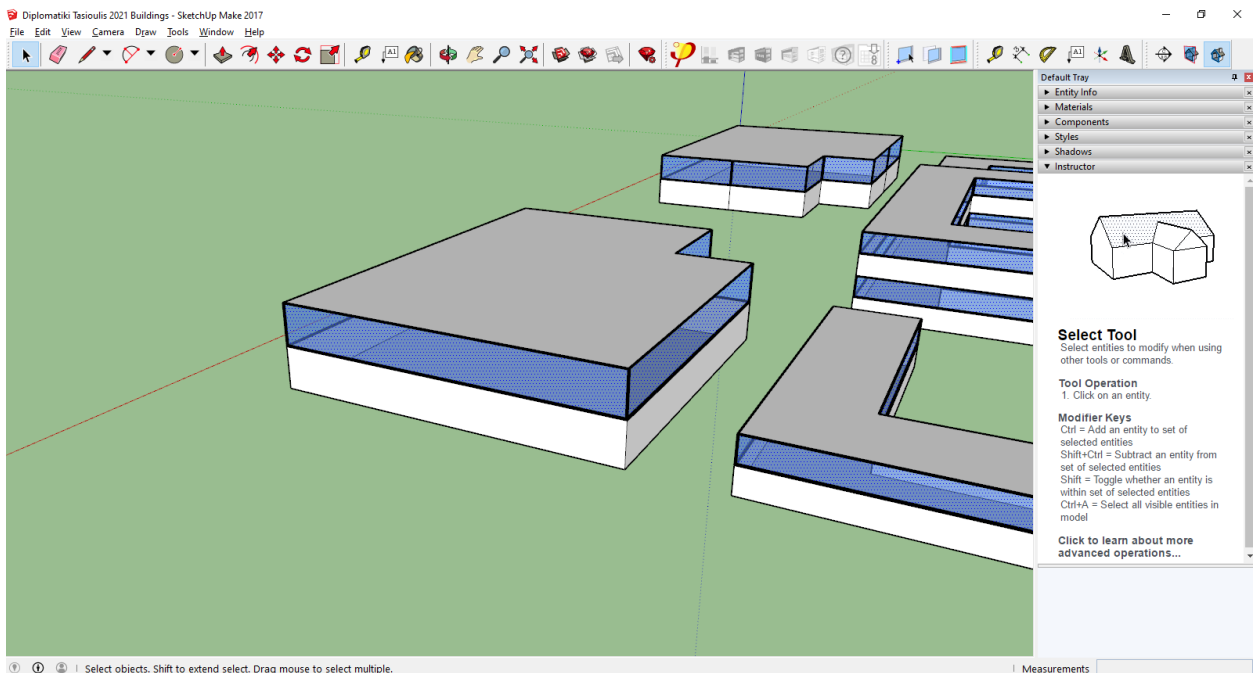
Εικόνα 4.11 Το κτίριο Γ με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.

Κτίριο Δ



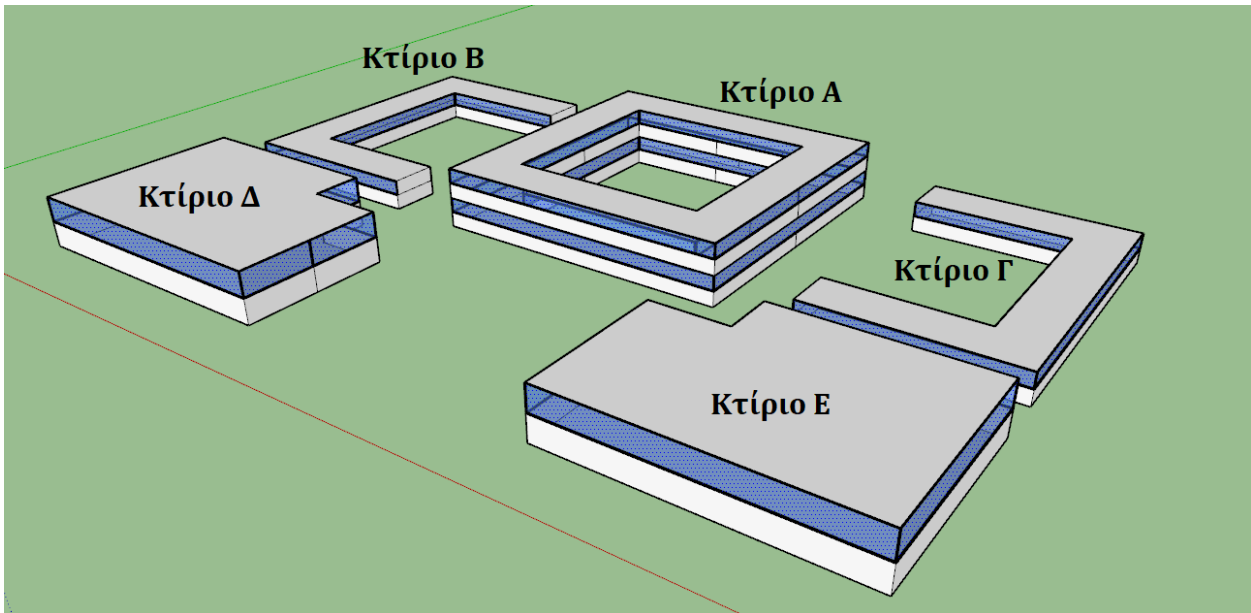
Εικόνα 4.12 Το κτίριο Δ με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.

Κτίριο Ε



Εικόνα 4.13 Το κτίριο Ε με τα κουφώματα στο SketchUp 2017.

Παρακάτω φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα των κτιρίων με τα κουφώματα.



Εικόνα 4.14 Τα κτίρια του σχολείου με τα κουφώματα.

4.5 Ο παράγοντας της βλάστησης

Όλοι οι προηγούμενοι παράγοντες έχουν περισσότερη επηρροή στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων και όχι στο εξωτερικό. Ωστόσο η βλάστηση γύρω από τα κτίρια επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το μικροκλίμα της περιοχής. Για την συγκεκριμένη προσομοίωση ενδεχομένως να είναι και ο πιο σημαντικός παράγοντας.

Σε ένα αστικό περιβάλλον υπάρχουν δύο είδη πράσινης υποδομής:

- Αυτή που βρίσκεται σε πράσινα μέρη του αστικού τοπίου, όπως τα δέντρα δρόμου, το γρασίδι και αστικά πάρκα
- Αυτή που εφαρμόζεται στις προσόψεις των κτιρίων, όπως οι πράσινες στέγες και τοίχοι.

Τα αποτελέσματα πολλαπλών ερευνών έχουν αποδείξει πως η αστική βλάστηση συμβάλει θετικά στην βελτίωση του εξωτερικού αστικού περιβάλλοντος. Βασικό στοιχείο της θετικής συμβολής της προς την βελτίωση του εξωτερικού θερμικού περιβάλλοντος είναι η εξάτμιση και διαπνοή από το φύλλωμα των φυτών. Η σκίαση που προκαλεί το φύλλωμα των δέντρων πάνω στις επιφάνειες των κτιρίων έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες ποσότητες απορροφούμενης

ηλιακής ενέργειας από τις αστικές επιφάνειες και κατά συνέπεια μείωση των ροών θερμότητας μεταφοράς, την καλύτερη λειτουργική ψύξη και την καλύτερη διαχείριση της ακτινοβολίας.

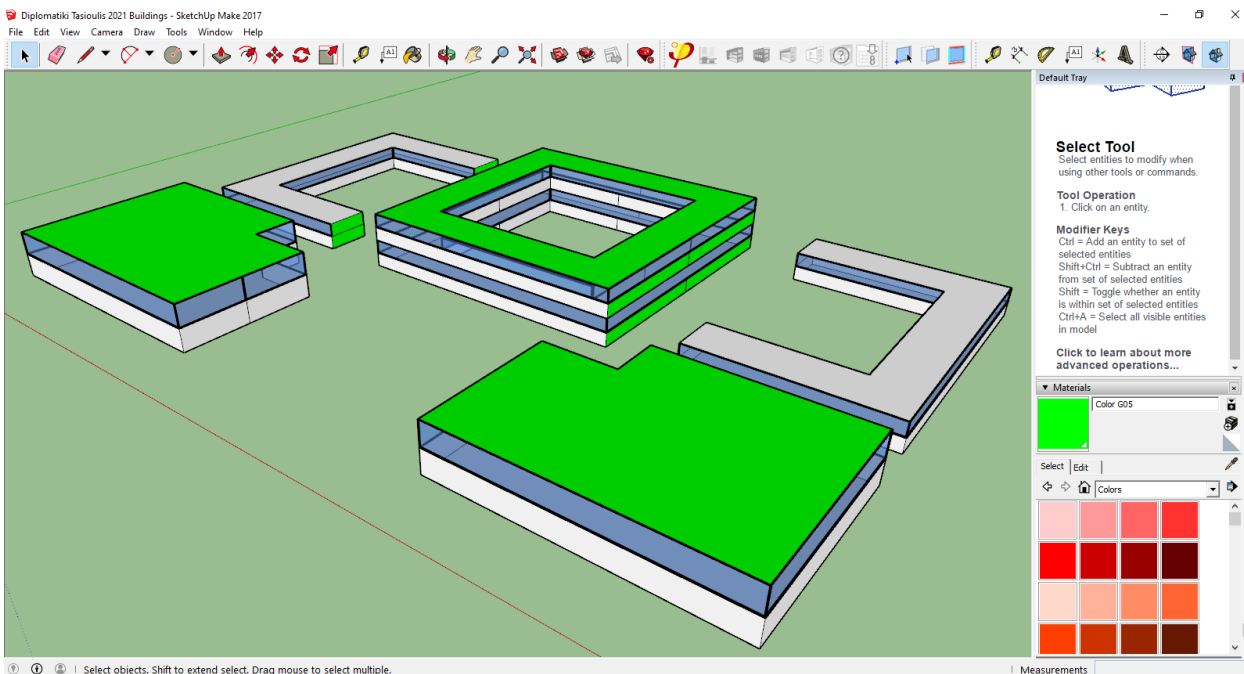
Επιπρόσθετα οι πράσινες υποδομές συμβάλλουν ιδιαίτερα στην βελτίωση των ρύπων, στην καλύτερη ροή του αέρα, στον έλεγχο του θορύβου (συγκεκριμένα μείωση αφού η βλάστηση αποτελεί καλό μονωτή για τους ήχους) και στην βελτίωση της αισθητικής των αστικών περιοχών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι προσθήκη δέντρων στα αστικά περιβάλλοντα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα περιβάλλοντος T_{air} μέχρι και 5 °C. Ωστόσο ακραία σενάρια αστικής βλάστησης που περιλαμβάνουν υπερβολικά δεδομένα φύτευσης είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε πραγματικές συνθήκες.

Επιπλέον, σε όλες τις υπάρχουσες μελέτες, το μέγιστο δυναμικό ψύξης λόγω των δέντρων έχει παρατηρηθεί σε σημεία κάτω ή πολύ κοντά στο φύλλωμα των δέντρων. Επιπρόσθετα τα δέντρα μπορούν να λειτουργήσουν ως πρόσθετα εμπόδια για την εξερχόμενη ακτινοβολία μεγάλου κύματος αλλά και ροή ανέμου

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω είναι σημαντικό γύρω από τα κτίρια να υπάρχουν πολλά δέντρα, γρασίδι και πράσινες υποδομές σε τοίχους ή οροφές.

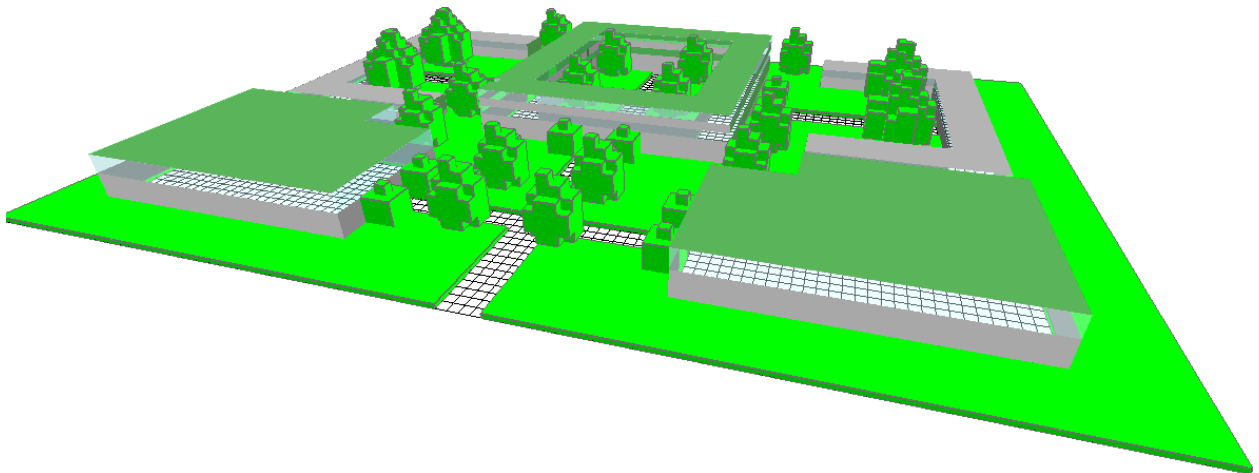
Παράκάτω φαίνονται οι τοίχοι που θα έχουν πράσινες υποδομές (με πράσινο) στο τελικό σχέδιο του σχολείου. Τα δέντρα θα προστεθούν στο επόμενο βήμα με το ENVI-met Student.



Εικόνα 4.15 Οι επιφάνειες του σχολείου με πράσινες υποδομές.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5

Μοντελοποίηση Βιοκλιματικού Κτιρίου

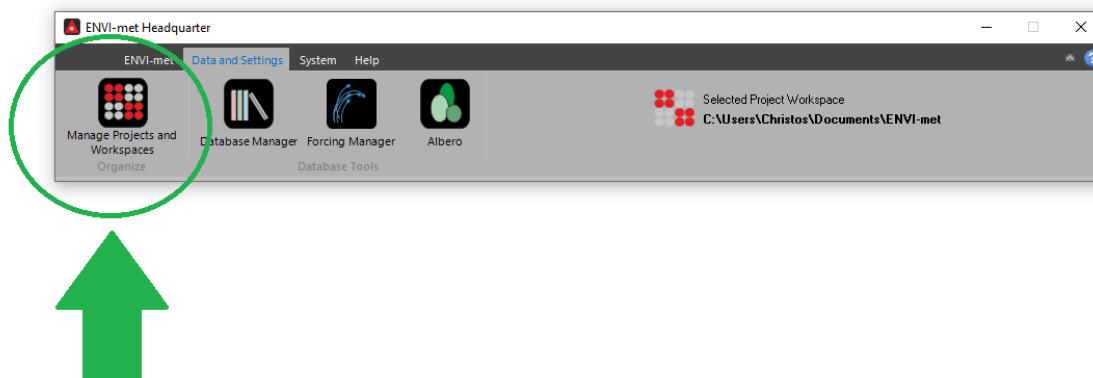


5.1 Σχεδιασμός κτιρίου στο ENVI-met

Το σχολείο που σχεδιάστηκε στο SketchUp θα σχεδιαστεί ξανά και θα μοντελοποιηθεί στο ENVI-met Student, συγκεκριμένα στο Spaces με τις ακριβείς διαστάσεις που δώθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Στην συνέχεια θα ακολουθήσει η προσομοίωση και στο τέλος θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα. Η διαδικασία που ακολουθεί το ENVI-met έχει διατυπωθεί σε προηγούμενη ενότητα. Συνοψίζεται ότι αρχικά δημιουργείται ένα αρχείο μοντέλου είτε στο Monde είτε στο Spaces, στην συνέχεια δημιουργείται ένα αρχείο προσομοίωσης στο ENVI-guide και μετά γίνεται η προσομοίωση αυτού του αρχείου στο ENVI-core. Τέλος γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο Leonardo.

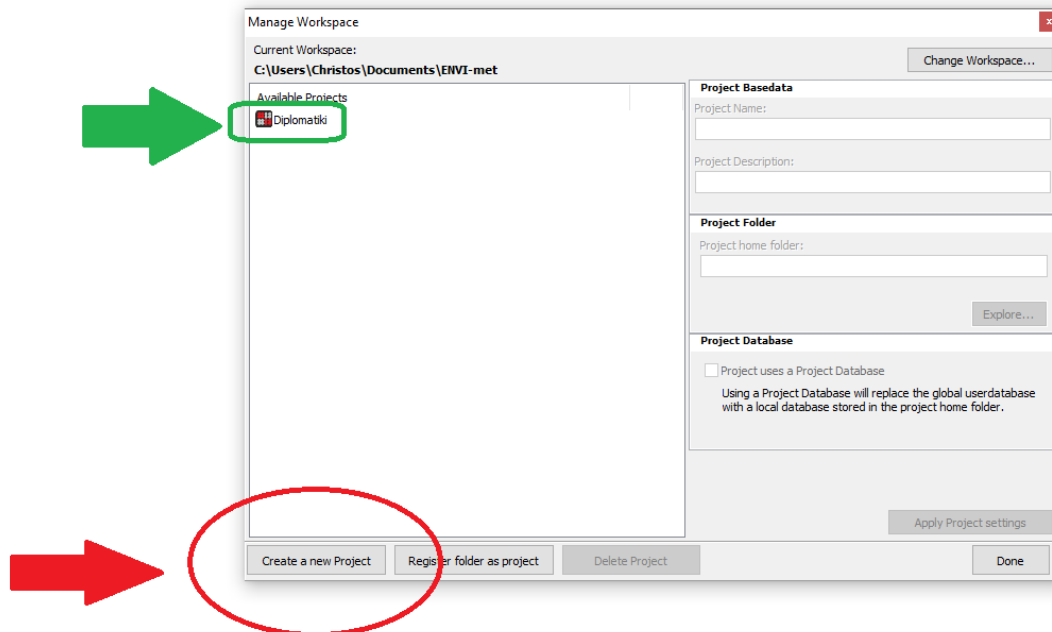
5.1.α Δημιουργία Project

Αρχικά θα δημιουργηθεί το αρχείο του project και η βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό του περιβάλλοντος γύρω από το κτίριο. Όπως έχει αναφερθεί και στη ενότητα 2 για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να γίνει η επιλογή του Manage Projects and Workspaces στην δεύτερη καρτέλα του ENVI-met Headquarter με την ονομασία Data and Settings.



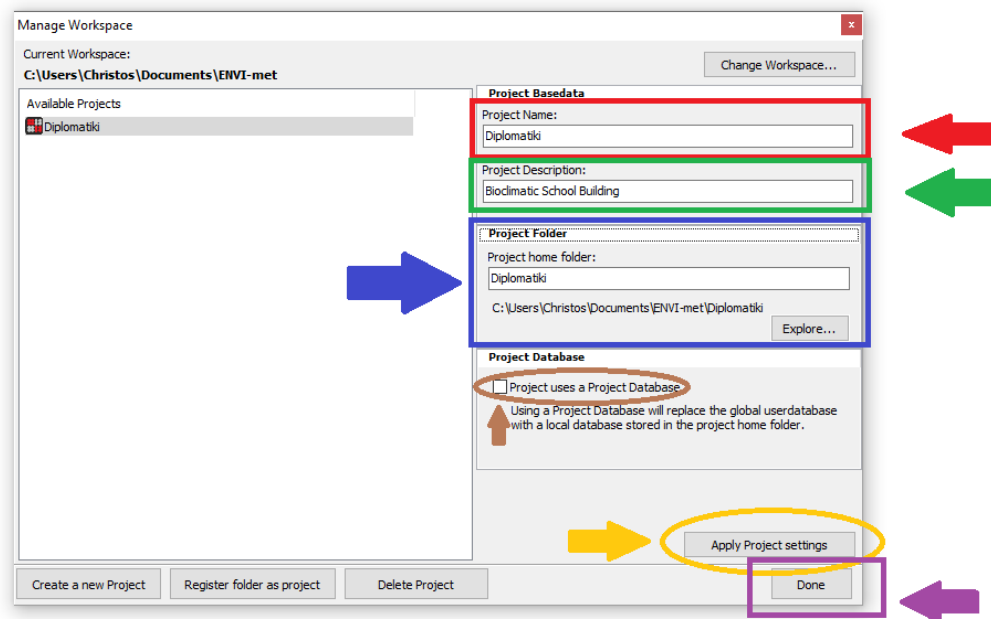
Εικόνα 5.1 Επιλογή *Manage Projects and Workspaces* για την δημιουργία του *Project* του βιοκλιματικού κτιρίου.

Σε αυτή την επιλογή θα δημιουργηθεί το νέο Project με ονομασία *Diplomatiki* με την χρήση της επιλογής *Create a new Project*, **Εικόνα 5.2**. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε αυτήν την επιλογή ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί και ήδη υπάρχοντα Project καθώς και πραγματοποιήσει βασικές αλλαγές που αφορούν την τοποθεσία του Project και τη Database του.



Εικόνα 5.2 Δημιουργία νέου Project με την ονομασία *Diplomatiki*.

Στην συνέχεια, αφού έχει δημιουργηθεί το νέο Project και του έχει δωθεί ένα όνομα, γράφεται μια σύντομη περιγραφή του στο Project Description. Ύστερα επιλέγεται η τοποθεσία που θα αποθηκεύονται τα διάφορα αρχεία του στο Project Folder και επιλέγεται η βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί στην επιλογή Project Database σε περίπτωση που ο χρήστης έχει δημιουργήσει την δική του βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα στο Project Description δώθηκε η περιγραφή «Bioclimatic School Building» αφού πρόκειται για ένα βιοκλιματικό κτίριο που θα λειτουργήσει ως σχολείο ή πανεπιστήμιο. Στο Project Folder, δηλαδή στην τοποθεσία που θα αποθηκευτεί το Project δημιουργήθηκε νέος φάκελος με όνομα Diplomatiki μέσα στον φάκελο ENVI-met στα Documents. Επειδή χρησιμοποιήθηκε η ήδη υπάρχουσα βάση δεδομένων του ENVI-met δεν επιλέχθηκε η επιλογή Project uses a Project Database. Στην συνέχεια για την αποδοχή και δημιουργία αυτού του Project με τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιλέγεται η εντολή Apply Project settings. Αφου ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία επιλέγεται η εντολή Done που βρίσκεται κάτω δεξιά. Με τα παραπάνω βήματα ουσιαστικά δημιουργήθηκε ο χώρος στον οποίο θα αποθηκεύονται τα δεδομένα τα οποία θα προκύπτουν από τα διάφορα εργαλεία όπως για παράδειγμα το σχέδιο του κτιρίου και τα δεδομένα της προσομοίωσης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται αναλυτικά.



Εικόνα 5.3 Εισαγωγή βασικών στοιχείων του νέου Project.

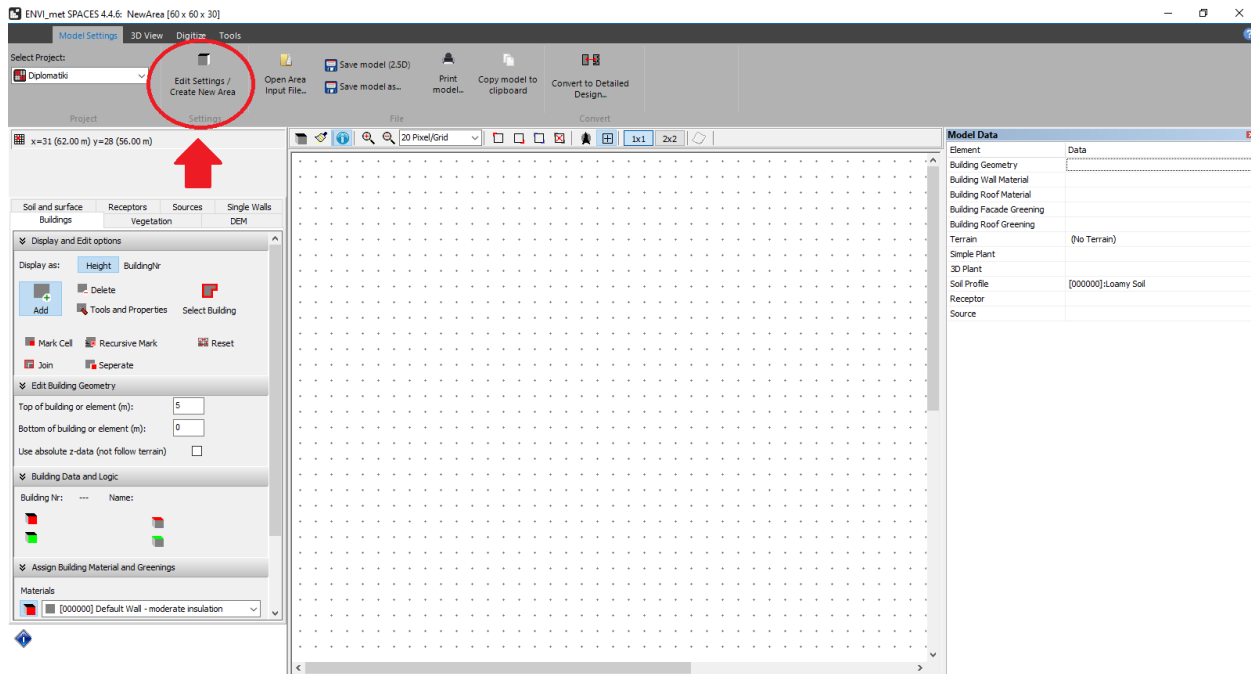
5.1.β Σχεδιασμός μοντέλου στο Spaces

Στην συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός του μοντέλου του σχολείο με την κατάλληλη βλάστηση στο Spaces. Αντί του Spaces μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το εργαλείο Monde αλλά για την συγκεκριμένη διπλωματική είναι πιο αποδοτικό να χρησιμοποιηθεί το Spaces λόγω της απλής γεωμετρίας του κτιρίου. Ξεκινώντας με την επιλογή Edit Settings/ Create New Area θα δοθούν τα βασικά δεδομένα της τοποθεσίας της περιοχής όπως το όνομα, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος κτλ. Θα εισαχθούν τα στοιχεία:

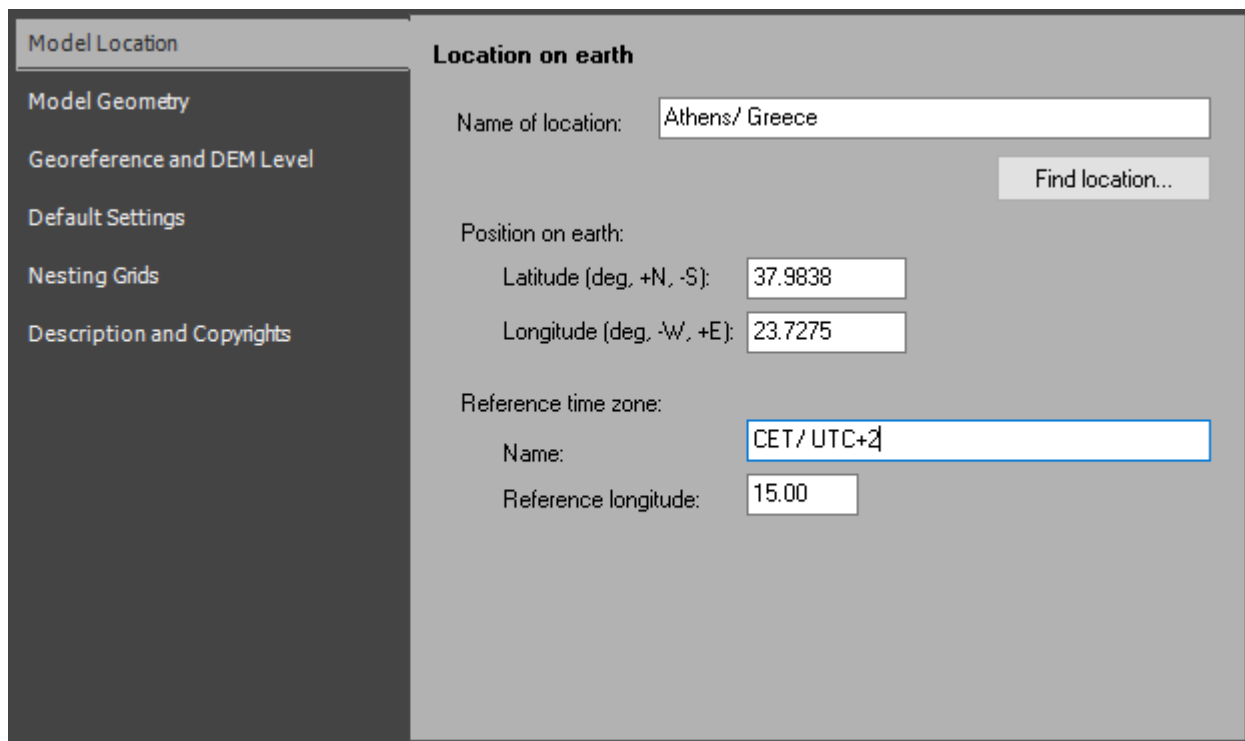
Τοποθεσία	Αθήνα/ Ελλάδα
Γεωγραφικό πλάτος	37.9838° N
Γεωγραφικό μήκος	23.7275° E
dx	2
dy	2
x-grids	100
y-grids	70

Πίνακας 5.1 Τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας και του πλέγματος του μοντέλου.

Η επιλογή Edit Settings/ Create New Area στο Spaces φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.4 Η επιλογή Edit Settings/ Create New Area στο εργαλείο Spaces.



Εικόνα 5.5 Εισαγωγή των στοιχείων της τοποθεσίας στην οποία βρίσκεται το σχολείο στο ENVI-met.

Ακολουθεί η εισαγωγή των δεδομένων όπως φαίνεται στις **Εικόνα 5.5** και **Εικόνα 5.6**. Στην συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός του κτιρίου.

Model Location

Model Geometry

Georeference and DEM Level

Default Settings

Nesting Grids

Description and Copyrights

Model Geometry **Concept Design**

Model Dimensions:

x-Grids: 100 y-Grids: 70 z-Grids: 30

Size of grid cell in meter:

dx= 2.00 dy= 2.00 dz= 2.00 (base height)

Method of vertical grid generation:

dz of lowest gridbox is split into 5 subcells

telescoping (dz increases with height)

Telescoping factor (%): 0.00

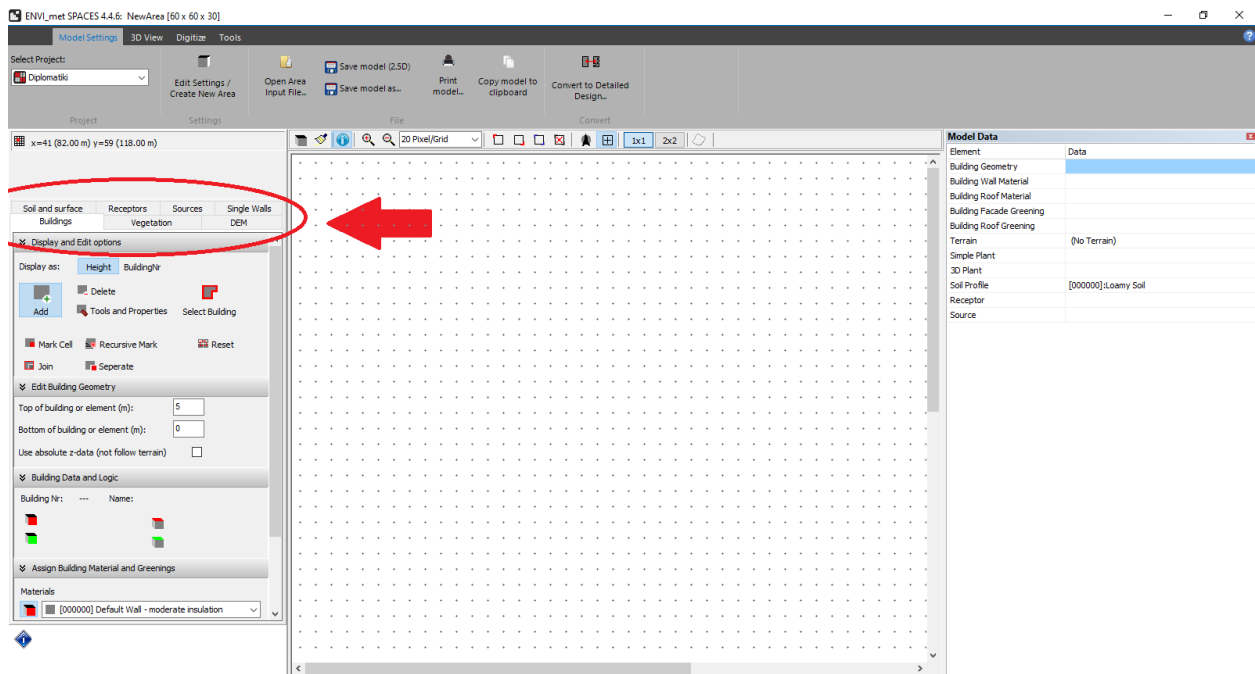
Start telescoping after height (m): 0.00

Model rotation out of grid north: 0.00

Maximum Model Size is 50x50x40 in ENVI-met LITE

. **Εικόνα 5.6** Εισαγωγή της γεωμετρίας του πλέγματος ENVI-met.

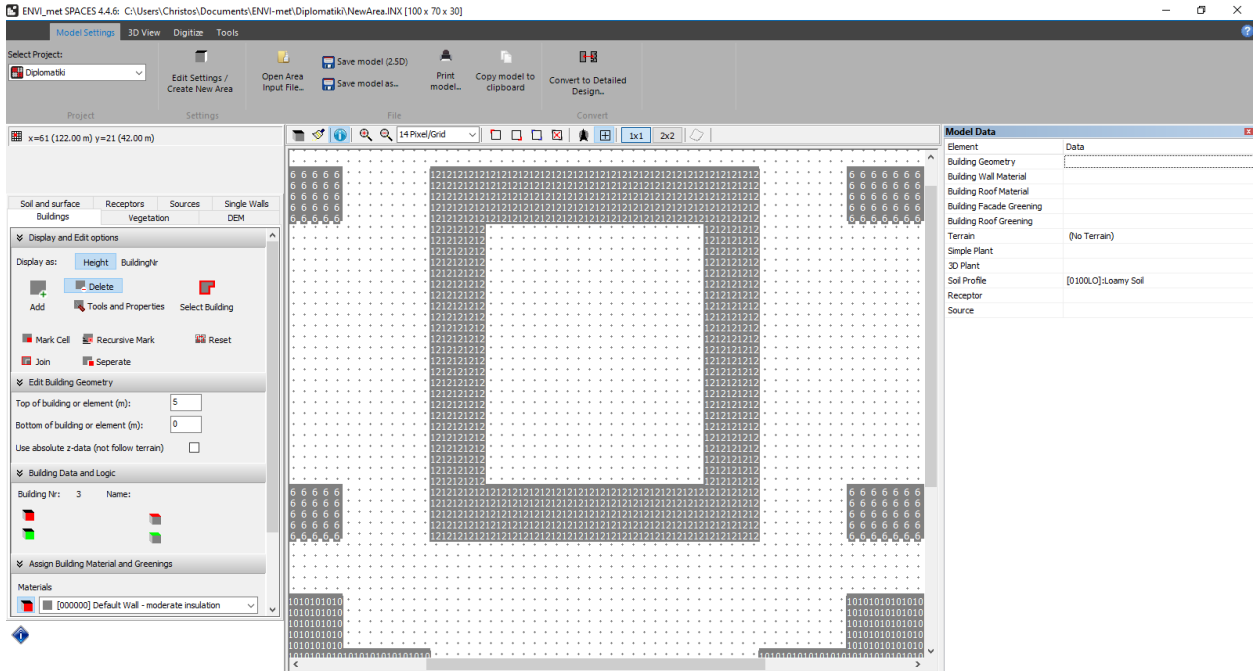
Μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο Edit Settings/ Create New Area ακολουθεί ο σχεδιασμός του μοντέλου. Συγκεκριμένα θα σχεδιαστούν τα κτίρια από την καρτέλα Buildings, η βλάστηση στην καρτέλα Vegetation, τα υλικά του εδάφους στην καρτέλα Soil and Surface και τέλος στο 3D μοντέλο θα σχεδιαστούν οι υαλοπίνακες-κουφώματα-ανοίγματα καθώς και οι πράσινες υποδομές στους τοίχους στην καρτέλα Single Walls. Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός των παραπάνω τότε θα μπορέσει να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση του μικροκλίματος γύρω από τον χώρο του σχολείου. Υπάρχουν και άλλες καρτέλες όπως Receptors, Sources αν πχ υπάρχει ένα συντριβάνι και DEM που όμως δεν θα χρησιμοποιηθούν στην συγκεκριμένη διπλωματική. Οι καρτέλες στο Spaces φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



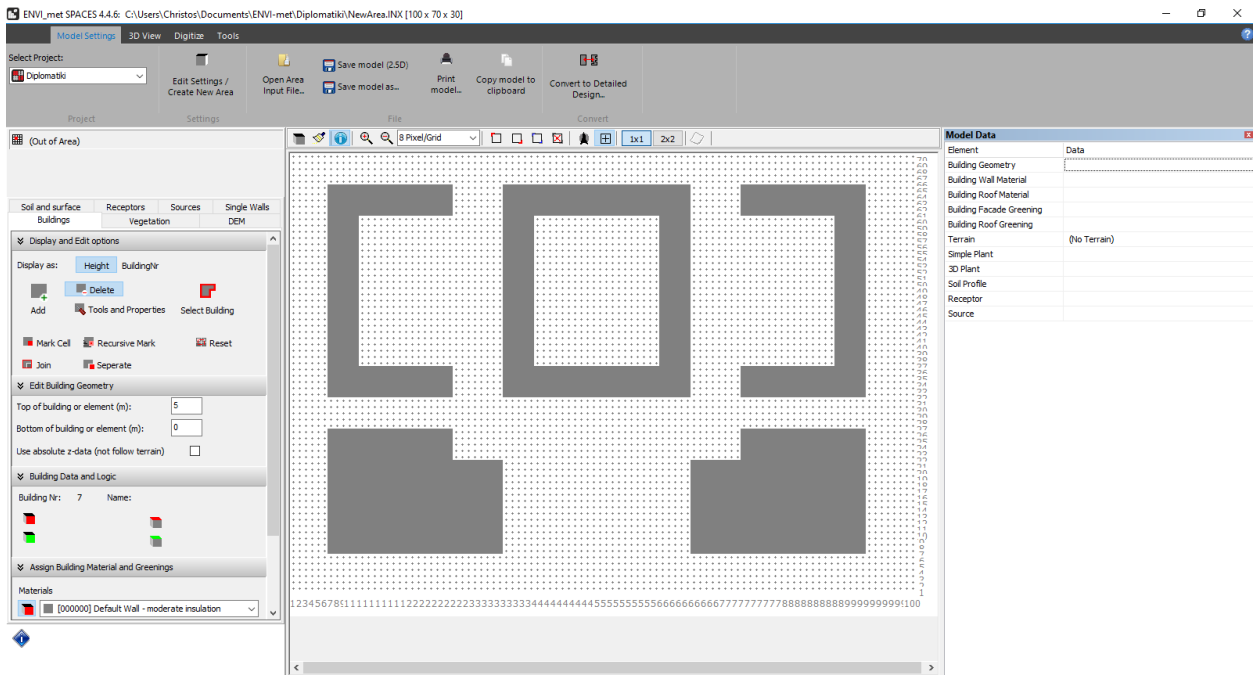
Εικόνα 5.7 Οι καρτέλες σχεδιασμού αντικειμένων στο Spaces.

5.1.β.ι Σχεδιασμός Κτιρίου στο Spaces

Ο σχεδιασμός του κτιρίου στο Spaces μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας την καρτέλα Buildings. Με την εντολή Add + προσθέεται σε ένα grid σημείο κτιρίου με ύψος που επιλέγεται από την επιλογή Top of the building or element. Συγκεκριμένα για το κτίριο Α αυτή η τιμή θα είναι 12m, για το κτίριο Β και Γ θα είναι 6m και για το κτίριο Δ και Ε θα είναι 10m. Με απλό κλικ στην περιοχή του πλέγματος σχεδιάζονται τα κτίρια Α,Β,Γ,Δ και Ε ως όγκοι με το αντίστοιχο ύψος που τους έχει δωθεί. Τα ανοίγματα και γενικότερα οι λεπτομέρειες των υλικών του κάθε τοίχου θα σχεδιαστούν σε επόμενο στάδιο. Ο σχεδιασμός στην καρτέλα Buildings αφορά κυρίως την γεωμετρία του κτιρίου.



Εικόνα 5.8 Σχεδιασμός των κτιρίων στο Spaces, στην εικόνα φαίνεται το κτίριο A και μέρη των υπόλοιπων κτιρίων.

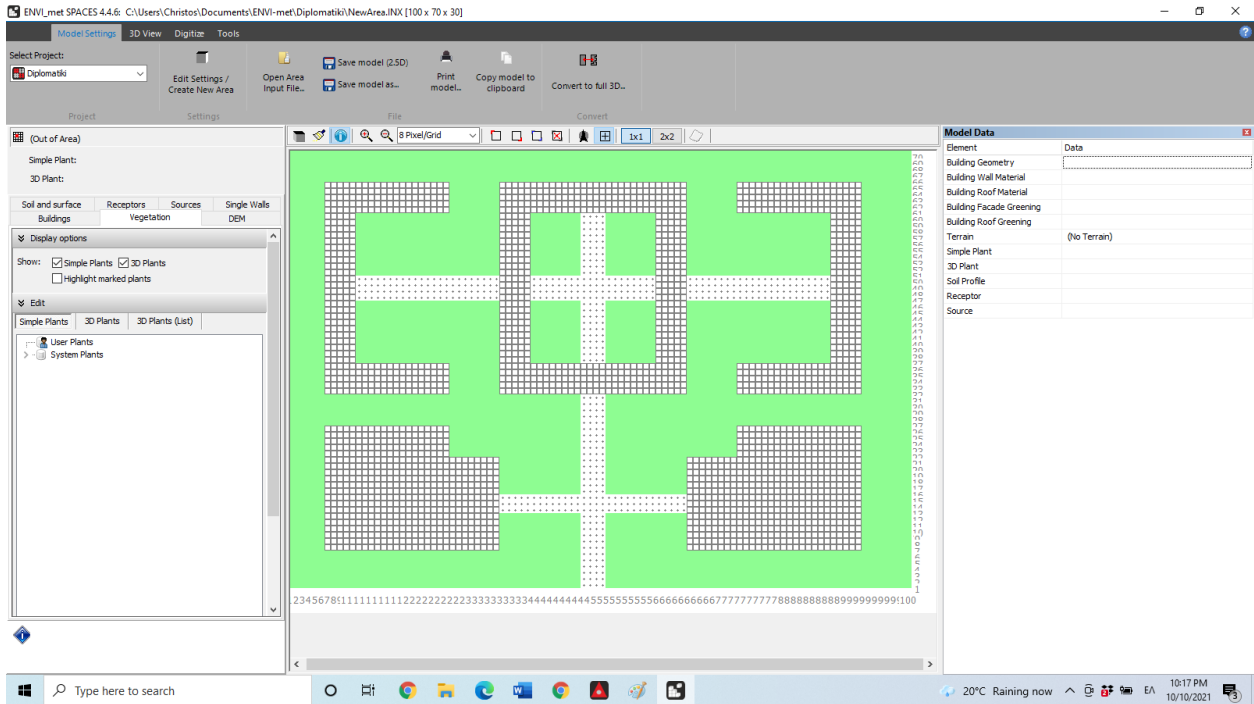


Εικόνα 5.9 Όλα τα κτίρια σχεδιασμένα στο Spaces.

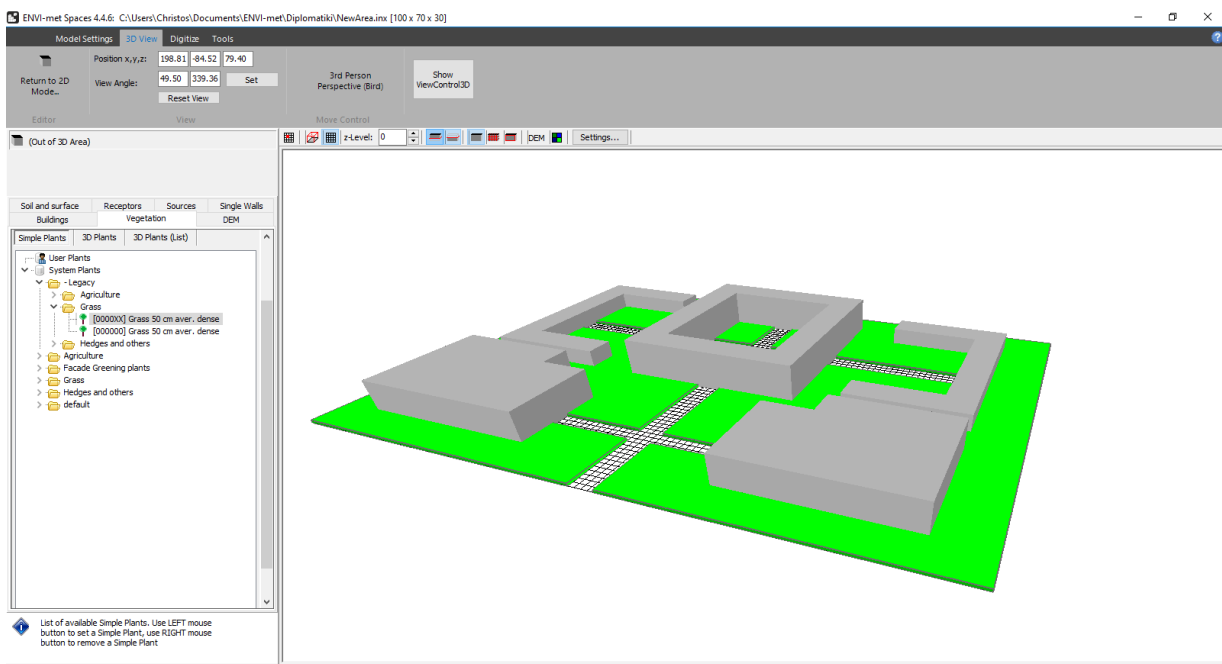
Αφού ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός των κτιρίων θα ακολουθήσει η βλάστηση. Η βλάστηση περιλαμβάνει το γρασίδι και τα 3D δέντρα.

5.1.β.ii Σχεδιασμός τοπικής βλάστησης

Όπως έχει αναφερθεί η βλάστηση θα σχεδιαστεί από την καρτέλα Vegetation και συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθεί το γρασίδι «grass 50cm aver dense».

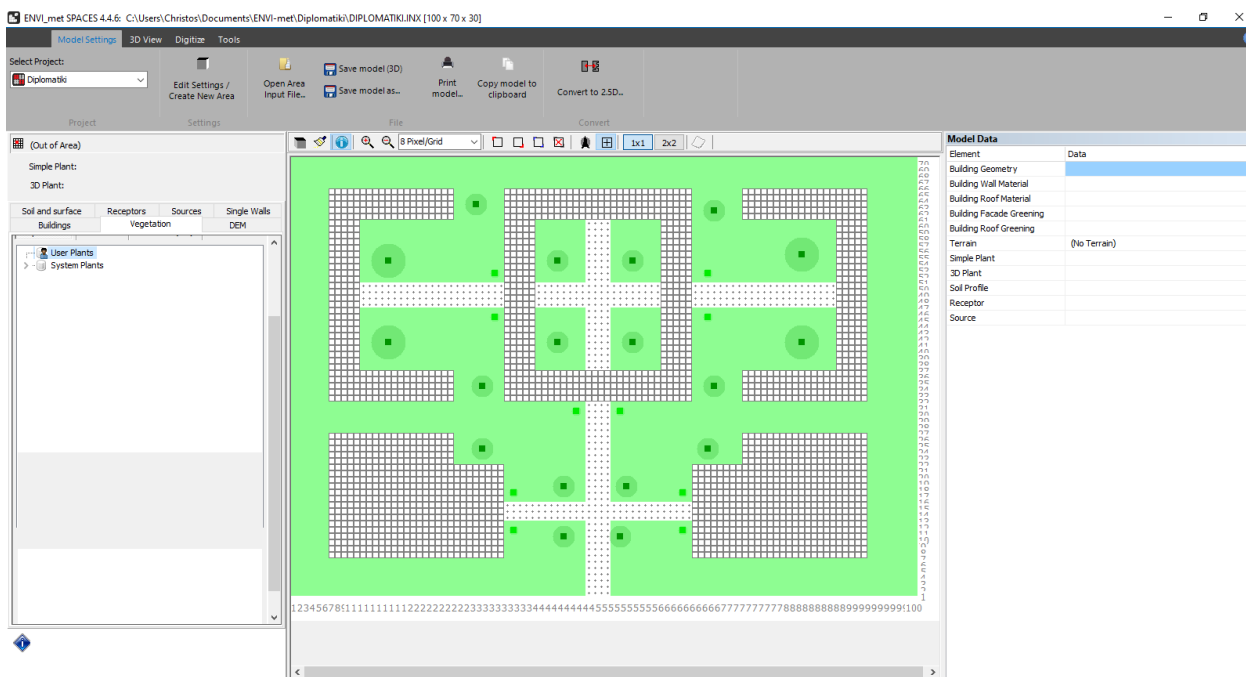


Εικόνα 5.10 Προσθήκη γρασιδιού γύρω από τα κτίρια.



Εικόνα 5.11 Τα κτίρια στο ENVI-met χωρίς τα κουφώματα και τις πράσινες υποδομές.

Στην **Εικόνα 5.11** φαίνεται ο σχεδιασμός του κτιρίου και γρασιδιού. Στην βλάστηση όμως περιλαμβάνονται και τα 3D φυτά, τα δέντρα. Τα δέντρα που θα προστεθούν θα είναι σχεδόν όλα πεύκα, *Picea Abies*, κάτι που είναι σύνηθες για την Ελλάδα και συγκεκριμένα για την Αθήνα. Στην συνέχεια θα σχεδιαστούν τα υλικά του εδάφους και τα ανοίγματα και οι πράσινες υποδομές στους τοίχους και ταράτσες.

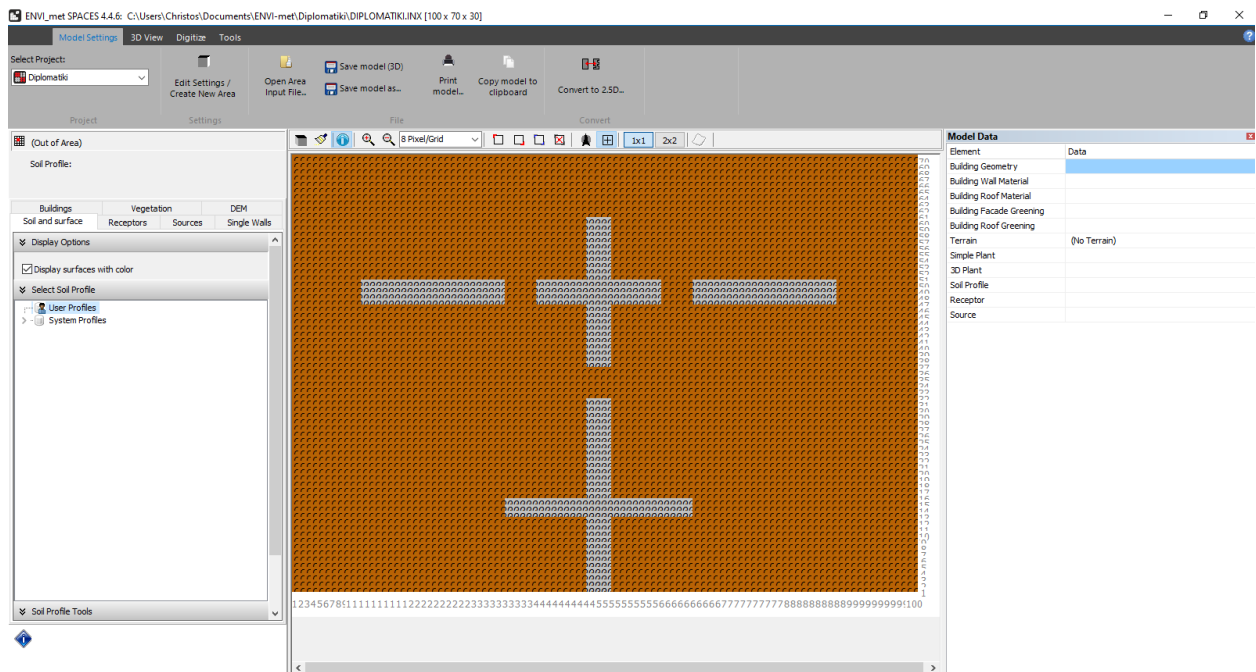


Εικόνα 5.12 Σχεδιασμός της τοπικής βλάστησης. Περιέχει το γρασίδι και τα δέντρα.

Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός της βλάστησης σειρά έχει ο σχεδιασμός των υλικών από τα οποία αποτελείται το έδαφος της περιοχής του σχολείου.

5.1.β.iii Επιλογή υλικών του εδάφους

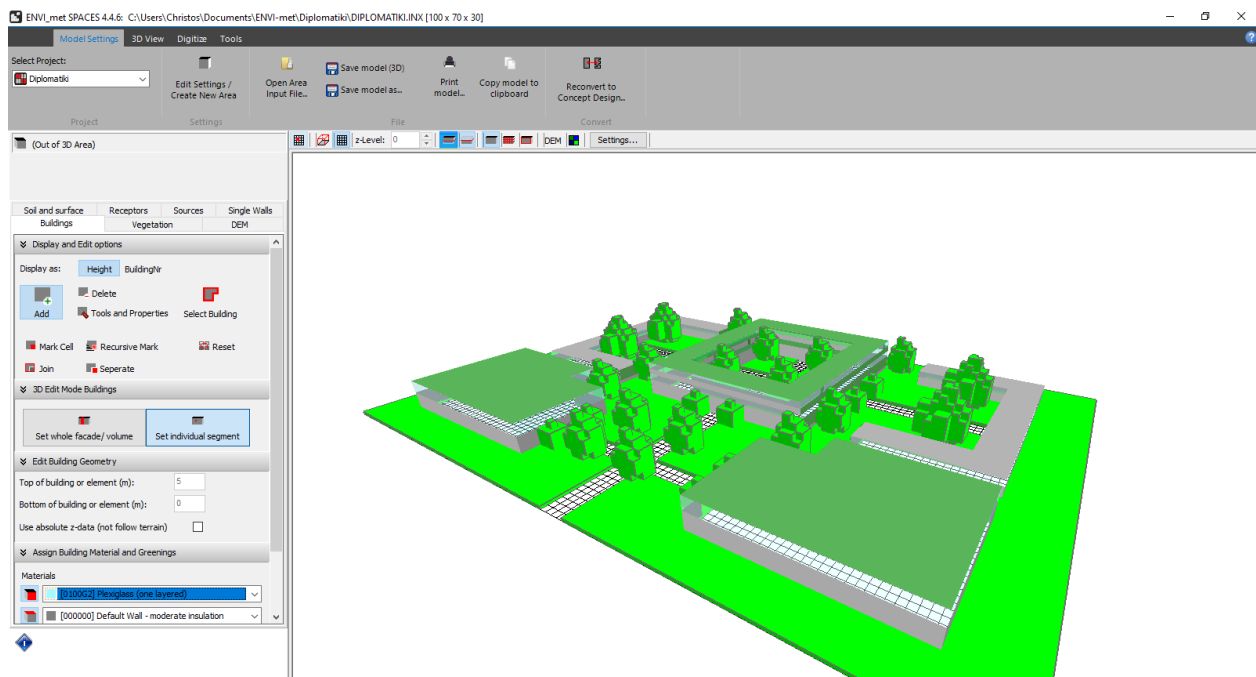
Η επιλογή των υλικών από τα οποία αποτελείται το έδαφος είναι ιδιαίτερα σημαντική και επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το μικροκλίμα μιας περιοχής. Στο συγκεκριμένο μοντέλο το έδαφος αποτελείται από αργιλώδες χώμα «loamy soil» καιτσιμεντένιο γκρι πεζοδρόμιο «concrete pavement grey», υλικά που υπάρχουν στην βάση δεδομένων του ENVI-met. Είναι προφανές πως το πεζοδρόμιο θα τοποθετηθεί εκεί που δεν σχεδιάστηκε το γρασίδι. Από πρακτικής πλευράς θα είναι ο δρόμος που θα ενώνει τα κτίρια ώστε οι μαθητές ή οι σπουδαστές να μπορούν να κινούνται με άνεση από το ένα κτίριο στο άλλο. Στην συνέχεια φαίνεται ο σχεδιασμός των υλικών του εδάφους που γίνεται στην καρτέλα Soil and surface.



Εικόνα 5.13 Σχεδιασμός των υλικών του εδάφους.

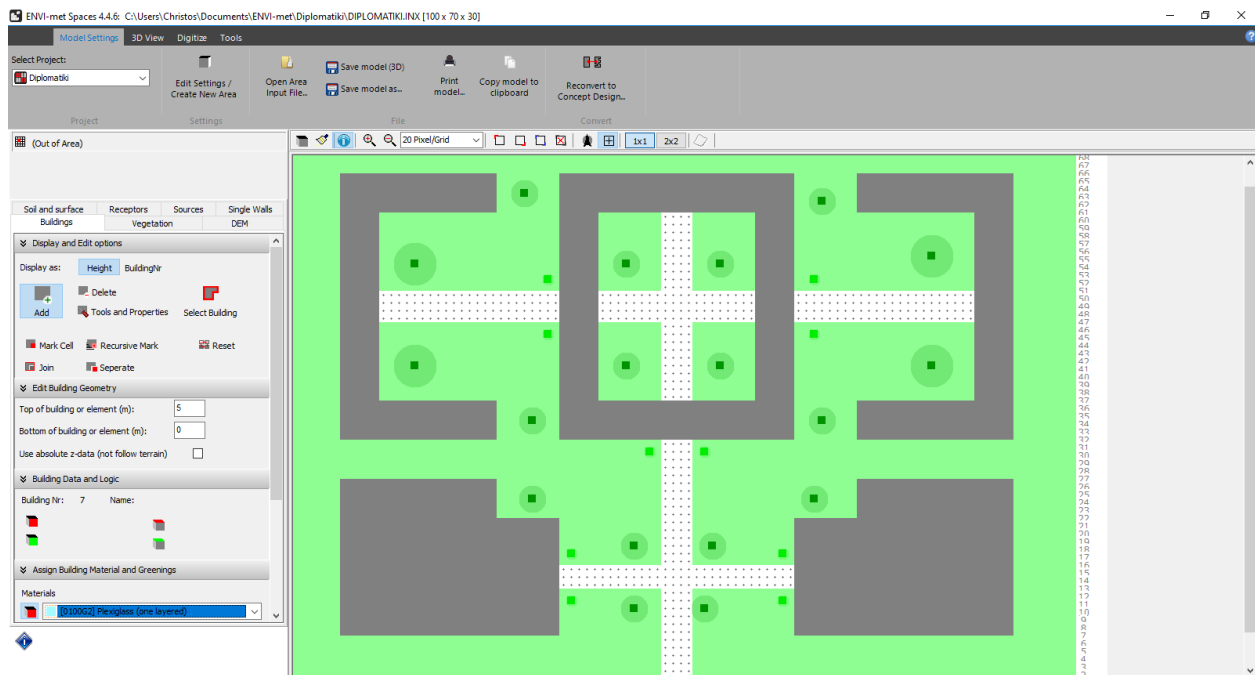
5.1.β.ιν Σχεδιασμός κουφωμάτων και πράσινων υποδομών

Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός θα γίνει στην καρτέλα Single walls. Τα κουφώματα θα έχουν μονούς υαλοπίνακες. Παρακάτω φαίνεται το ολοκληρωμένο μοντέλο του σχολείου σε 3D



Εικόνα 5.14 Το τελικό μοντέλο προσομοίωσης του σχολείου σε 3D.

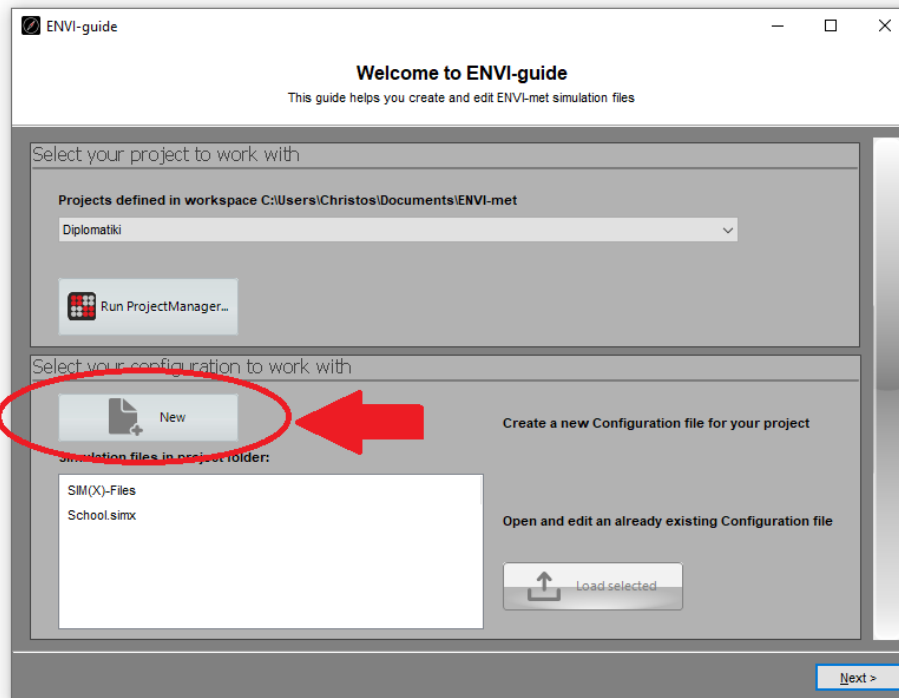
Μετά τον σχεδιασμό των παραπάνω το μοντέλο στο Spaces έχει ολοκληρωθεί.



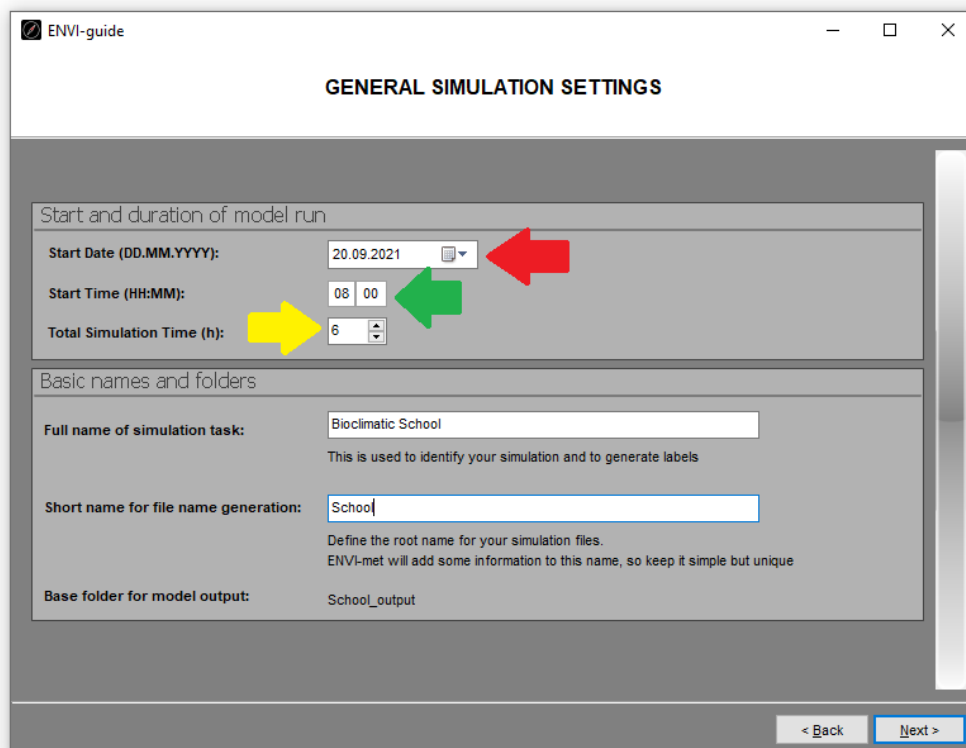
Εικόνα 5.15 Το τελικό μοντέλο προσομοίωσης του σχολείου σε 2D.

5.2 Δημιουργία αρχείου προσομοίωσης

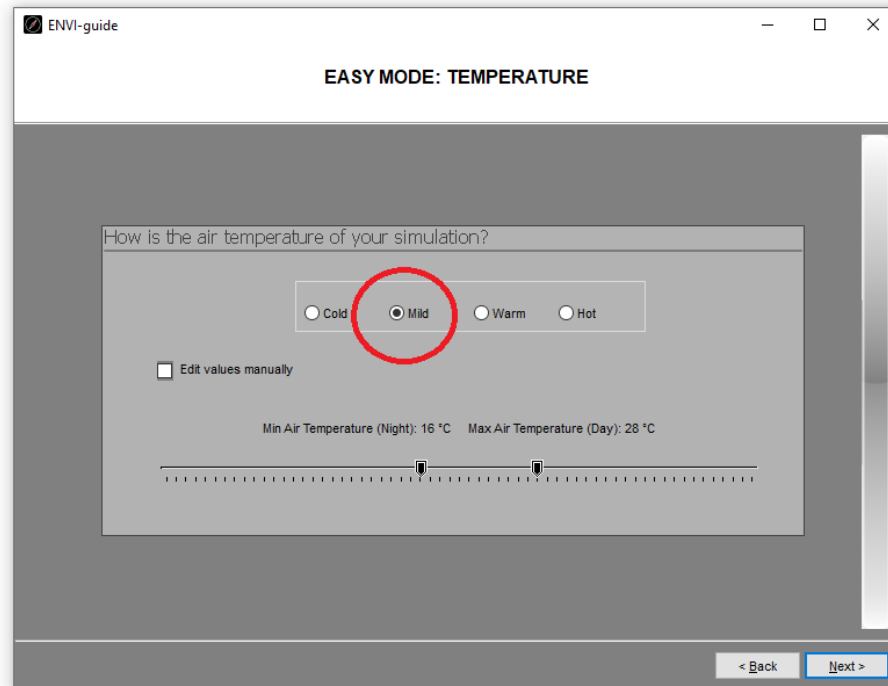
Στην συνέχεια ακολουθεί η δημιουργία του αρχείου προσομοίωσης. Αυτό θα γίνει με το εργαλείο ENVI-guide. Αφού πρόκειται για σχολείο στην Αθήνα μας ενδιαφέρουν οι ώρες λειτουργίας του. Επομένως η προσομοίωση θα αρχίσει από τις 8:00 πμ μέχρι τις 2 μμ (διάρκεια δηλαδή 6 ωρών). Επίσης η θερμοκρασία του αέρα είναι ήπια και η μέση ταχύτητα του αέρα είναι 9 km/h. Από το ρόδο του ανέμου παρατηρείται ότι ο άνεμος προέρχεται κυρίως από τον Βορά. Αφού γίνει εκκίνησή του ENVI-guide επιλέγεται η εντολή New **Εικόνα 5.16** με την οποία δημιουργείται ένα νέο αρχείο προσομοίωσης. Στην συνέχεια ακολουθεί η καρτέλα GENERAL SIMULATION SETTINGS στην οποία καταγράφονται τα στοιχεία όπως φαίνονται στην **Εικόνα 5.17**. Ακολουθεί η καρτέλα LEVEL που ορίζει την πολυπλοκότητα της προσομοίωσης. Για τις ανάγκες τις παρούσας διπλωματικής και τον υπολογισμό των βασικών μεγεθών αρκεί το πρώτο επίπεδο. Στην επόμενη καρτέλα της θερμοκρασίας **Εικόνα 5.18** επιλέγεται Mild, και στην καρτέλα του ανέμου Medium winds και κατεύθυνση βόρεια **Εικόνα 5.19**. Επιλέχθηκε βόρεια κατεύθυνση διότι από το ρόδο του ανέμου **Εικόνα 5.21** έχει την μεγαλύτερη συχνότητα.



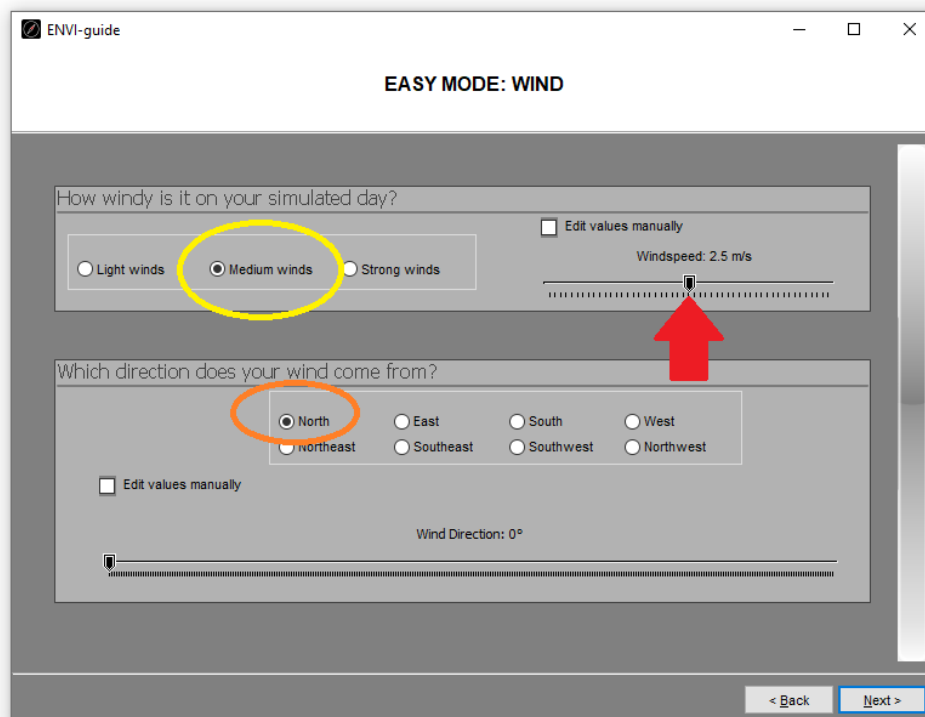
Εικόνα 5.16 Δημιουργία νέου αρχείου προσομοίωσης.



Εικόνα 5.17 Γενικές ρυθμίσεις προσομοίωσης.

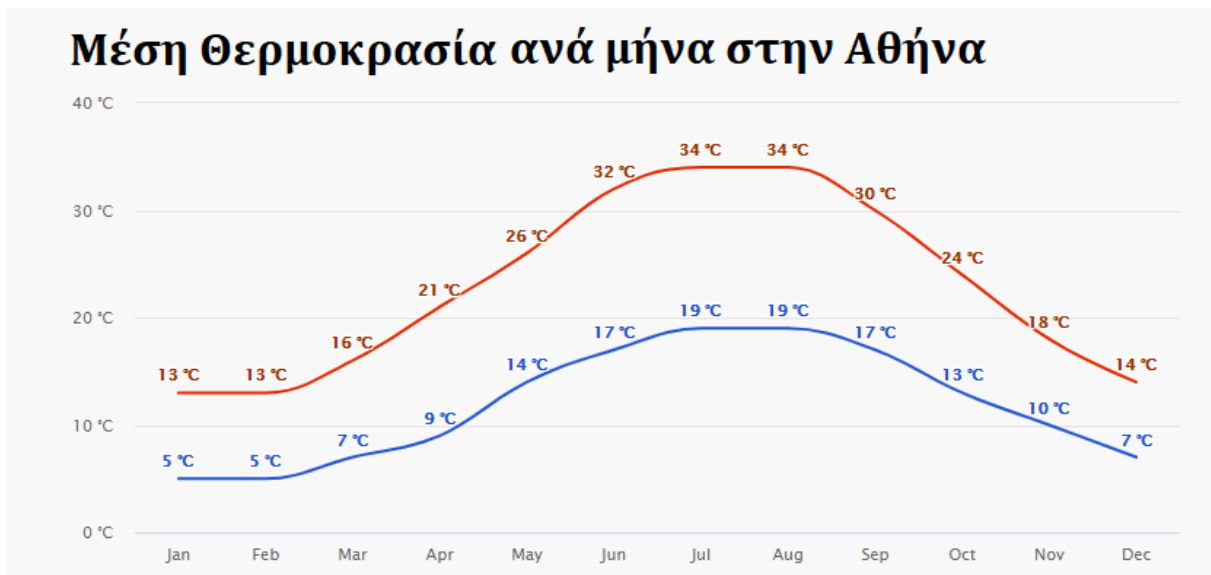


Εικόνα 5.18 Επιλογή κατάλληλης θερμοκρασίας για την προσομοίωση.

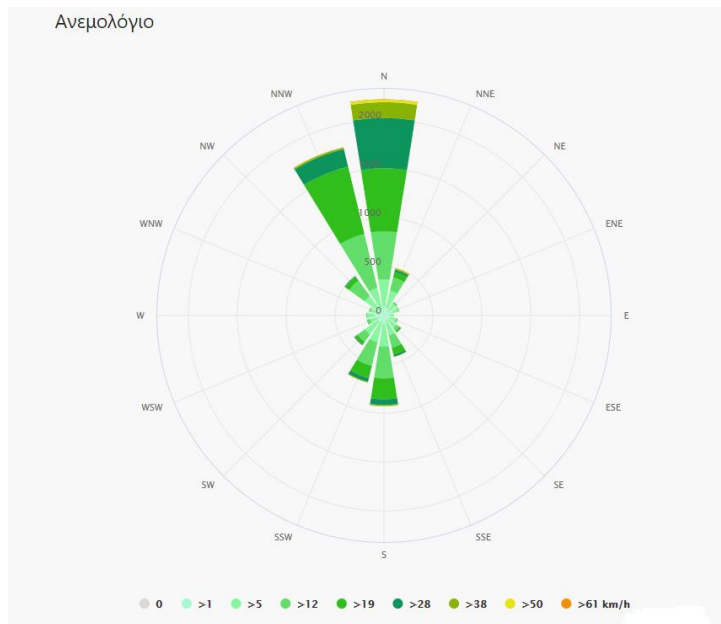


Εικόνα 5.19 Επιλογή κατάλληλης ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου για την προσομοίωση.

Στα μεγέθη της θερμοκρασίας και ανέμου επιλέχθηκαν οι μέσες τιμές ώστε να υπάρχει η καλύτερη δυνατή κλιματική προσέγγιση στην προσομοίωση. Σύμφωνα με τα δεδομένα από το meteoblue είναι:



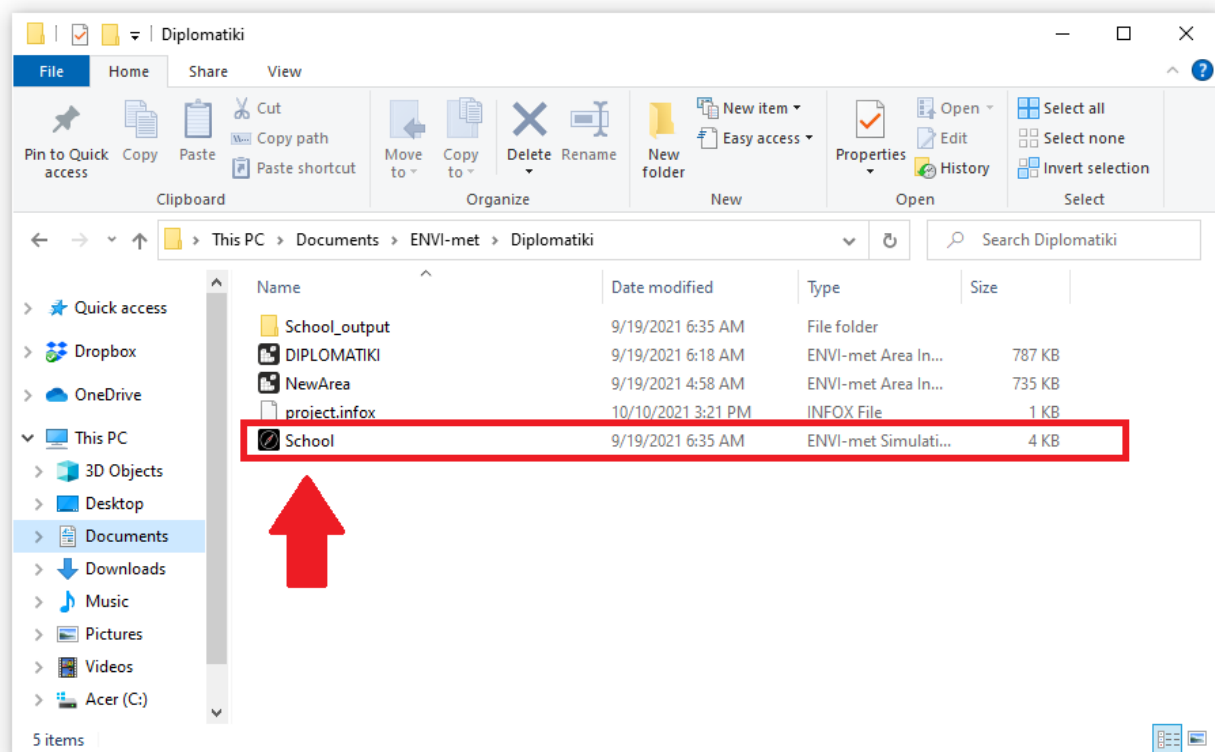
Εικόνα 5.20 Η μέση θερμοκρασία που επικρατεί στην Αθήνα. Με κόκκινο είναι η μέση μέγιστη τιμή και με μπλε η μέση ελάχιστη τιμή της ημέρας ανά μήνα. Δεδομένα από την ιστοσελίδα meteoblue.



Εικόνα 5.21 Το ροδό του ανέμου στην περιοχή της Αθήνας. Δεδομένα από την ιστοσελίδα meteoblue

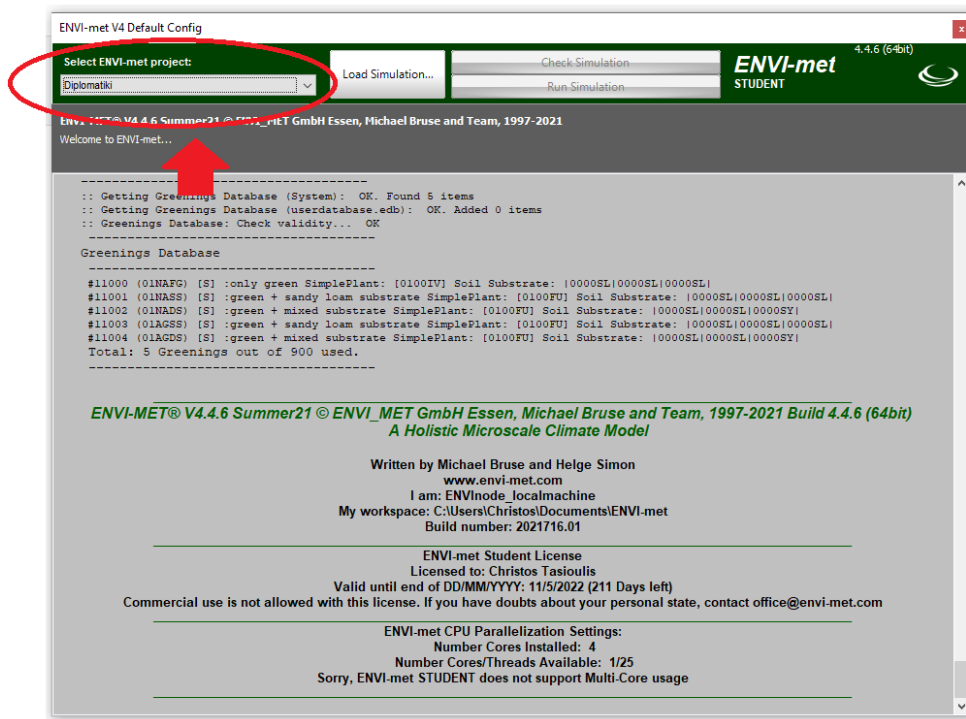
5.3 Εκτέλεση προσομοίωσης

Με το παραπάνω εργαλείο ENVI-guide δημιουργήθηκε το αρχείο προσομοίωσης με ονομασία School στον φάκελο που έχει επιλεγθεί από το Manage Projects and Workspaces. Με αυτό το αρχείο και την χρήση του εργαλείου ENVI-core θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία της προσομοίωσης του μοντέλου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το αρχείο στον αντίστοιχο φάκελο μαζί με τα υπόλοιπα αρχεία.

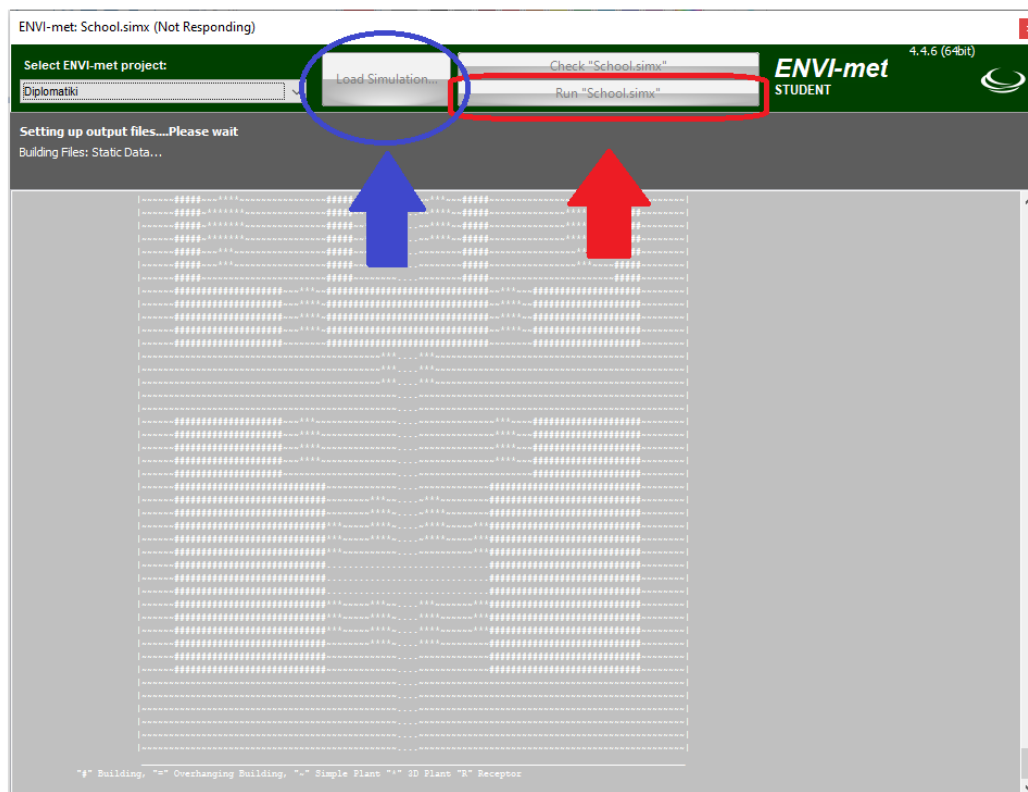


Εικόνα 5.22 Το αρχείο προσομοίωσης από το εργαλείο ENVI-guide.

Όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 2 η χρήση του εργαλείου ENVI-core είναι δημιουργία των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Το μόνο που χρειάζεται είναι η εισαγωγή του αρχείου School και λίγη ώρα για να ολοκληρωθεί. Στην επιλογή Select ENVI-met project επιλέγεται το Project Diplomatiki και αυτόματα ξεκινάει ο ελεγχος των χαρακτηριστικών του μοντέλου που σχεδιάστηκε **Εικόνα 5.23**. Στην συνέχεια επιλέγεται η εντολή Load Simulation και τέλος η εντολή Run Simulation για να τρέξει η προσομοίωση **Εικόνα 5.24**. Η διαδικασία αυτή διαρκεί μερικές ώρες. Στο τέλος αυτής διαδικασίας θα έχει δημιουργηθεί ένας νέος φάκελος στον φάκελο του Project με ονομασία School_output **Εικόνα 5.22**.



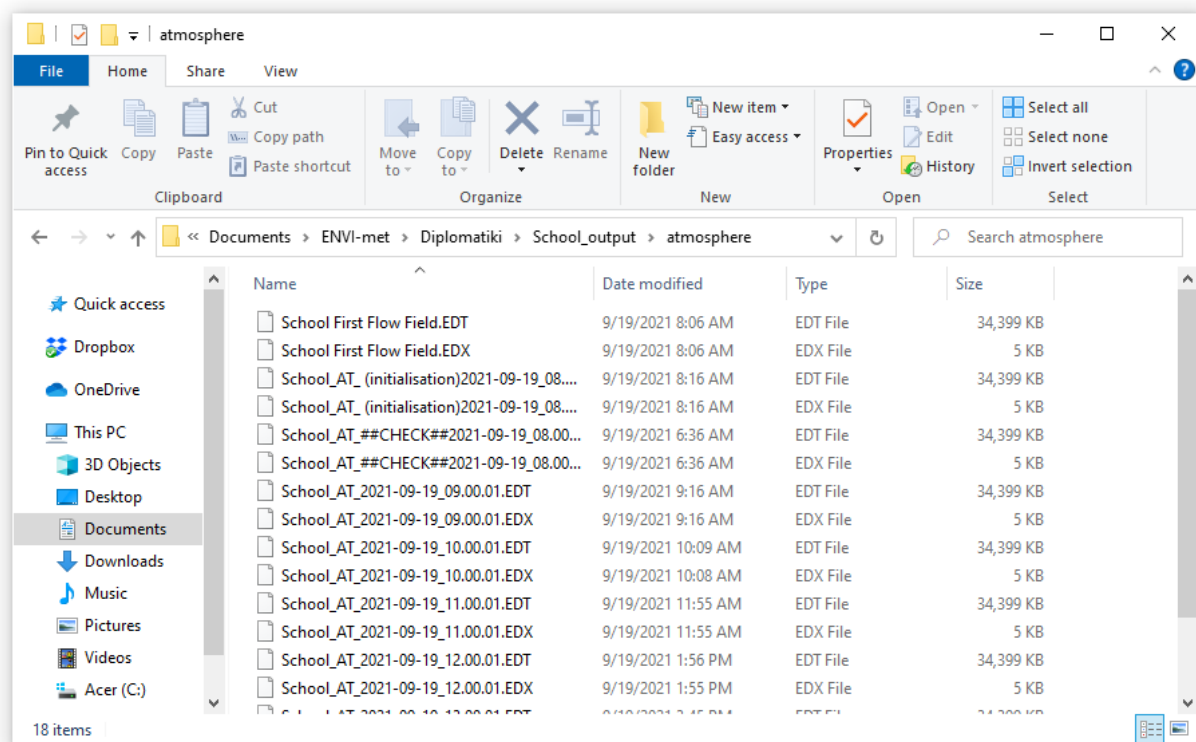
Εικόνα 5.23 Εισαγωγή του Project στο ENVI-core.



Εικόνα 5.24 Φόρτωση αρχείου και έναρξη της προσομοίωσης.

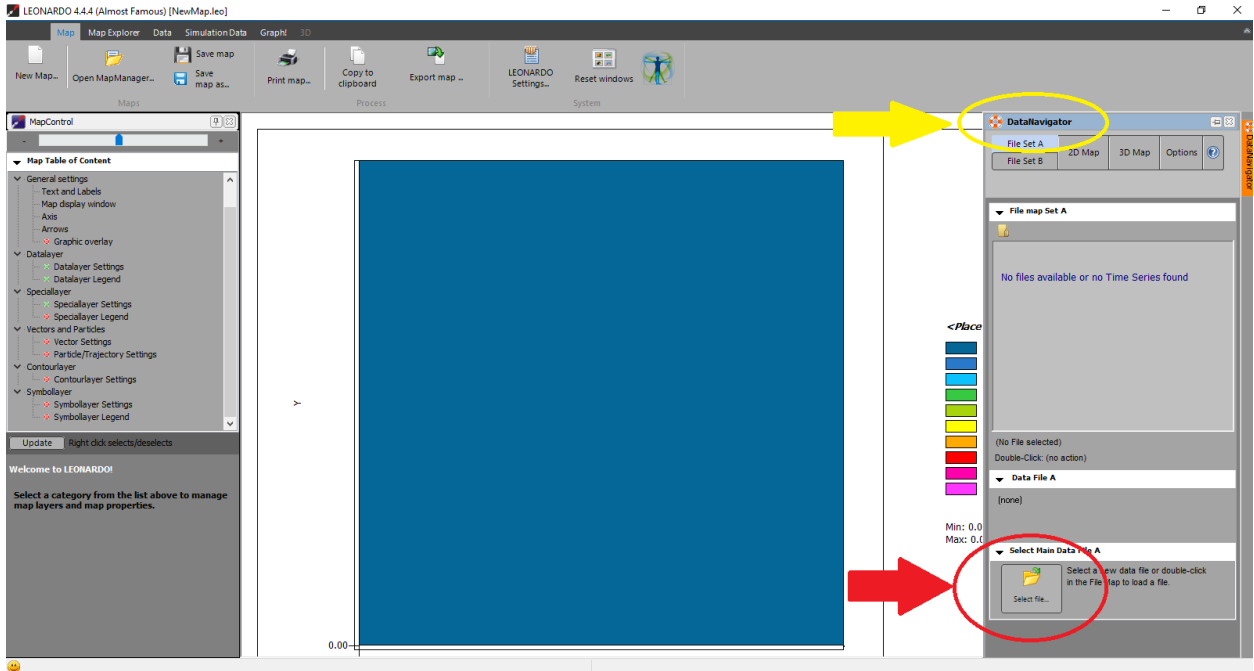
5.4 Απεικόνιση αποτελεσμάτων

Ο φάκελος School_output περιέχει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης ανά είδος, ατμόσφαιρα, κτίρια, βλάστηση και ανά ώρα **Εικόνα 5.25**. Η συγκεκριμένη διπλωματική ασχολείται με την κατάσταση και τα μεγέθη της ατμόσφαιρας. Στον φάκελο την ατμόσφαιρας υπάρχουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, θερμοκρασία περιβάλλοντος, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, ανά ώρα.

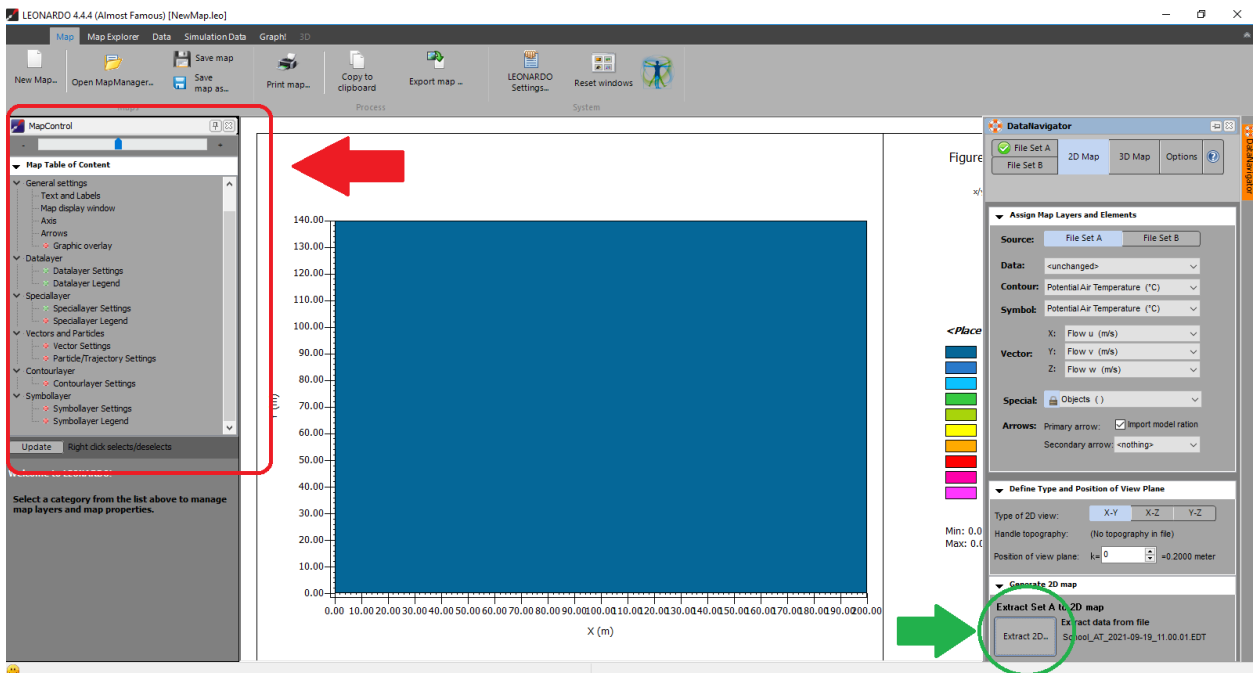


Εικόνα 5.25 Τα αποτελέσματα της κατάστασης της ατμόσφαιρας μετά την προσομοίωση ανά ώρα. Βρίσκονται στον υποφάκελο atmosphere που είναι στον φάκελο School_output.

Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων θα γίνει με το εργαλείο Leonardo. Στην αρχική του δεξιά στην καρτέλα DataNavigator επιλέγεται η εντολή Select file **Εικόνα 5.26** με την οποία φορτώνονται τα δεδομένα της προσομοίωσης για την απεικόνισή τους. Στην συνέχεια επιλέγεται η μεταβλητή και ο τρόπος με τον οποία θα απεικονιστεί. Τα αποτελέσματα στην παρούσα διπλωματική θα είναι σε 2D. Επιπλέον υπάρχουν αριστερά διάφορες ρυθμίσεις ως προς την παρουσίαση των αποτελεσμάτων **Εικόνα 5.27**.



Εικόνα 5.26 Εισαγωγή των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο Leonardo.

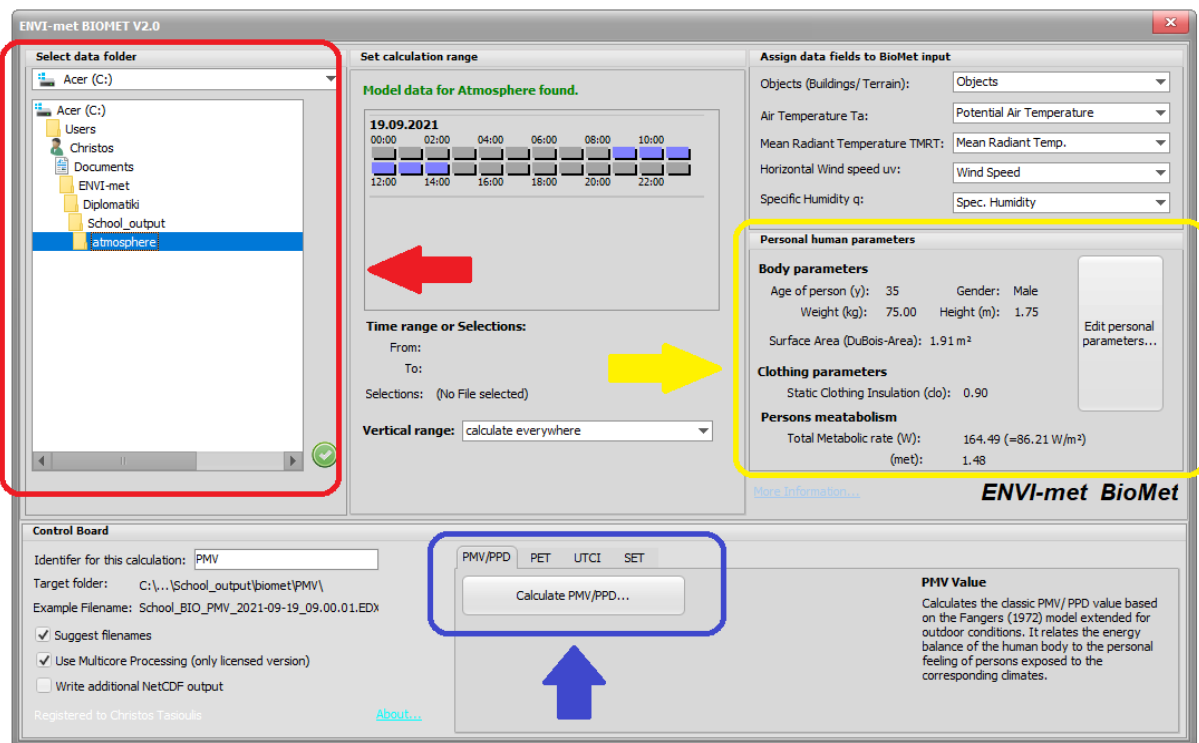


Εικόνα 5.27 Παρουσίαση και τροποποίηση δεδομένων.

Το επόμενο βήμα είναι η παρουσίαση, ανάλυση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

5.5 Δείκτες άνεσης του BIO-met

Στην ενότητα 2 έχει αναφερθεί το εργαλείο BIO-met που ουσιαστικά υπολογίζει τους δείκτες άνεσης PMV/PPD, PET, UTCI και SET που έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στην ενότητα 3. Για τον υπολογισμό αυτών των δεικτών αρκεί να επιλεγθεί ο φάκελος της ατμόσφαιρας (atmosphere) από τον υποφάκελο School_output του φακέλου του Project, Diplomatiiki στην συγκεκριμένη περίπτωση. Αυτό γίνεται στο Select data folder **Εικόνα 5.28**. Με τις προκαθορισμένες παραμέτρους που έχει ήδη το BIO-met **Εικόνα 5.28** (Personal human parameters) είναι δυνατόν να υπολογιστούν οι τιμές των παραπάνω δεικτών με την επιλογή Calculate, έναν την φορά. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών θα παρουσιαστούν στην παρακάτω ενότητα.

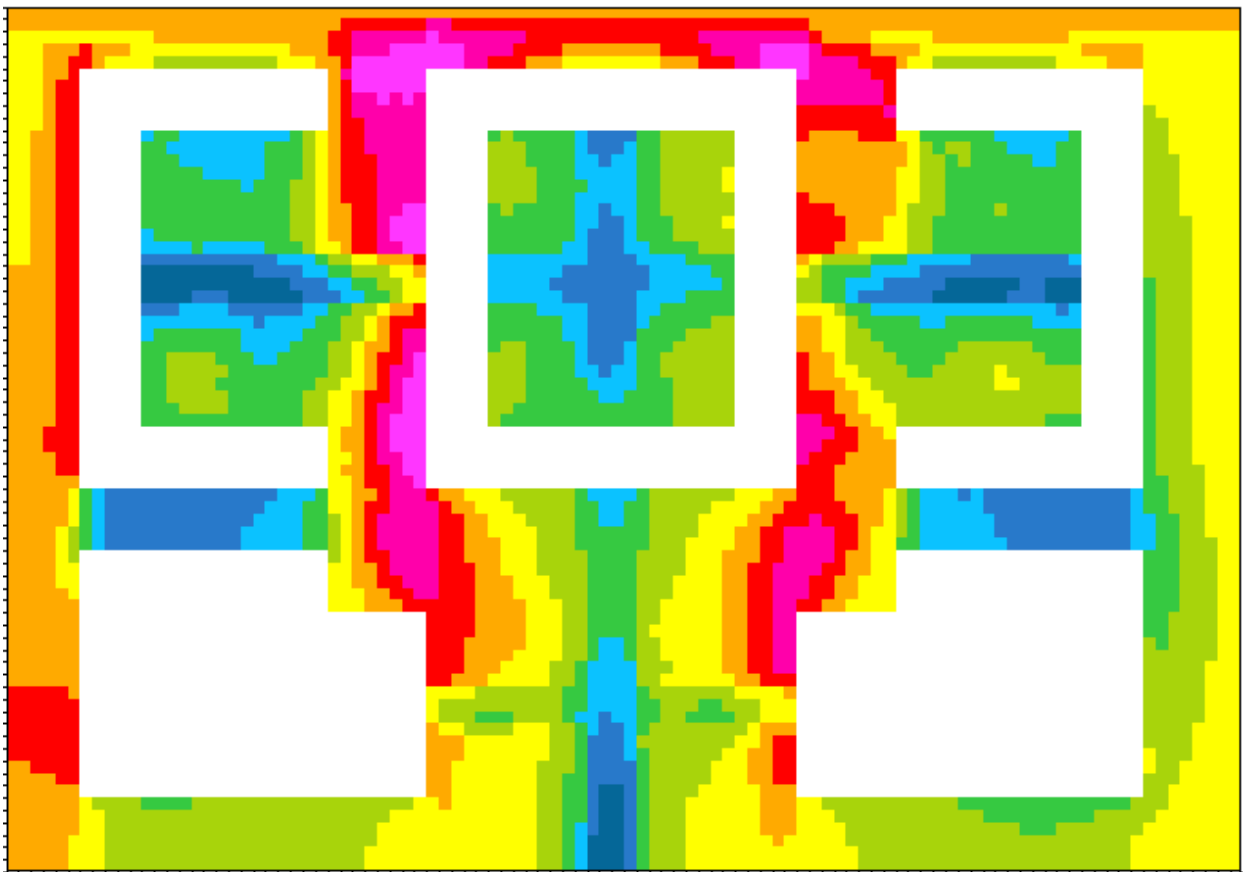


Εικόνα 5.28 Υπολογισμός των δεικτών άνεσης στο BIO-met.

Επομένως τέσσερις φορές, μία για κάθε δείκτη θα εκτελεστεί η εντολή Calculate και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο Leonardo. Συγκεκριμένα αποτελέσματα έχουν αποθηκευτεί στον φάκελο biomet του φακέλου School_output.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6

Αποτελέσματα και συμπεράσματα της προσομοίωσης

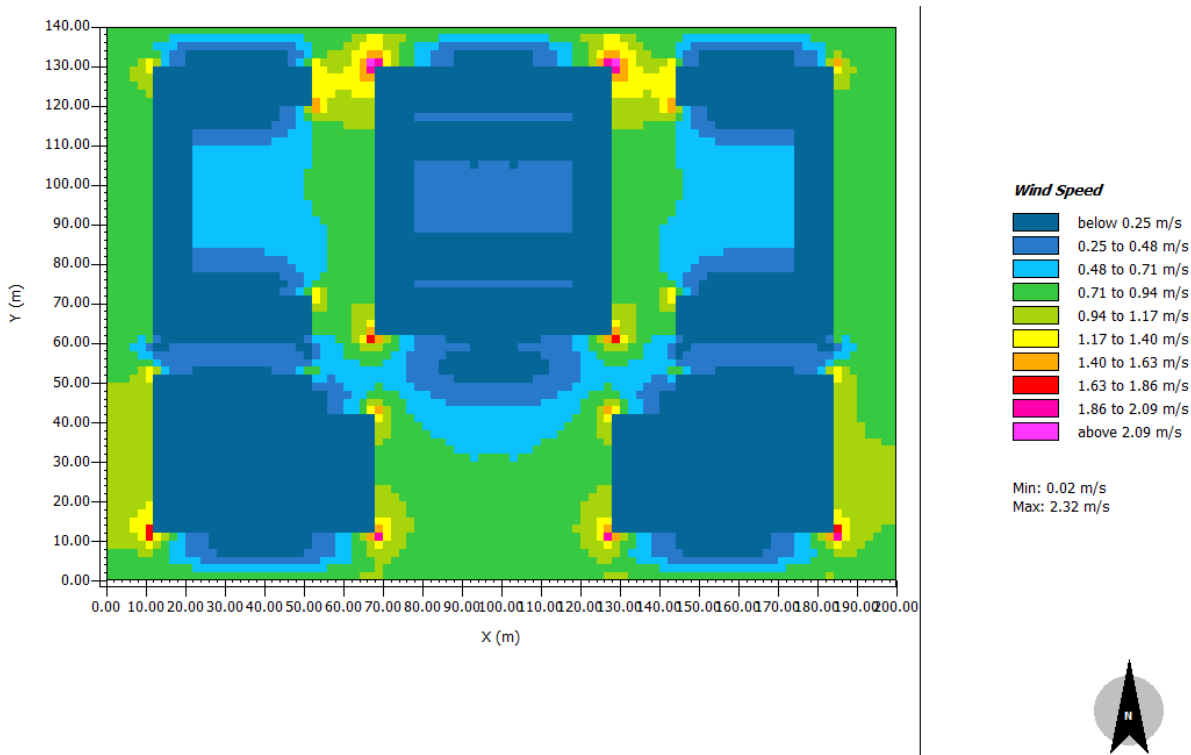


6.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης

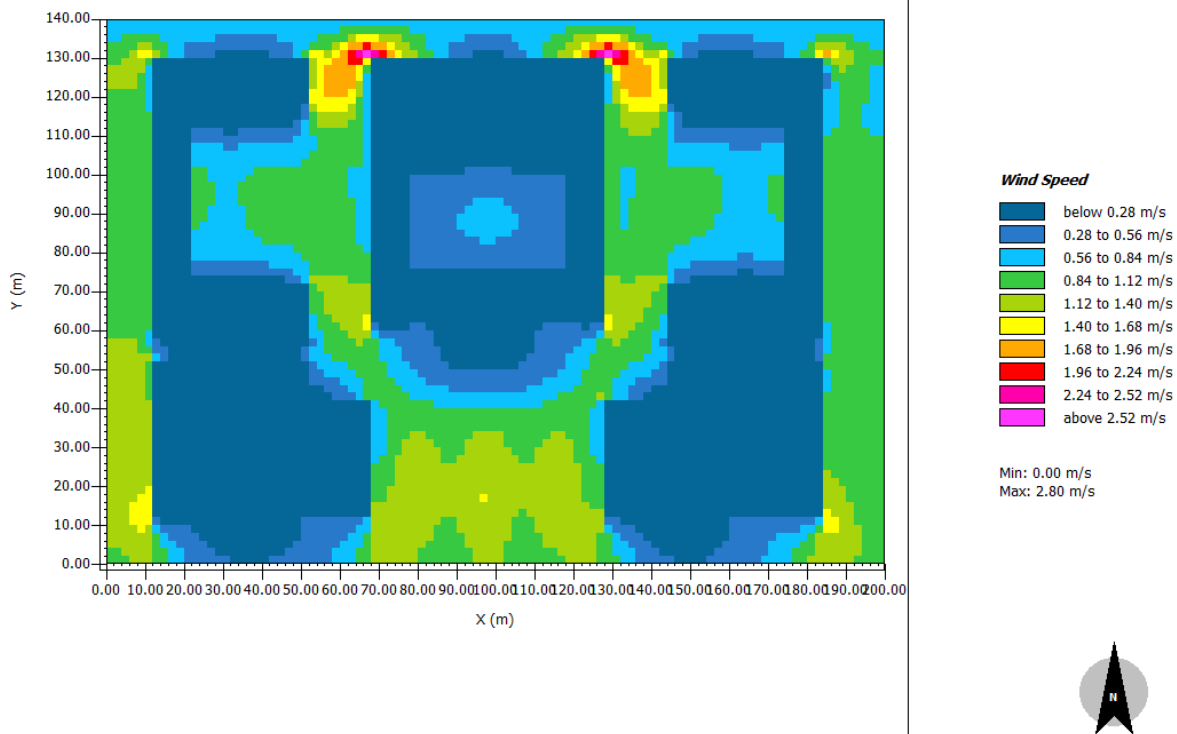
Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα ακολουθούν τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας, η ταχύτητα του ανέμου, η μέση δυνατή θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία και η μέση κατεύθυνση του ανέμου. Πρόκειται για τις τέσσερις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν την άνεση των ανθρώπων.

6.1.α Η ταχύτητα του ανέμου

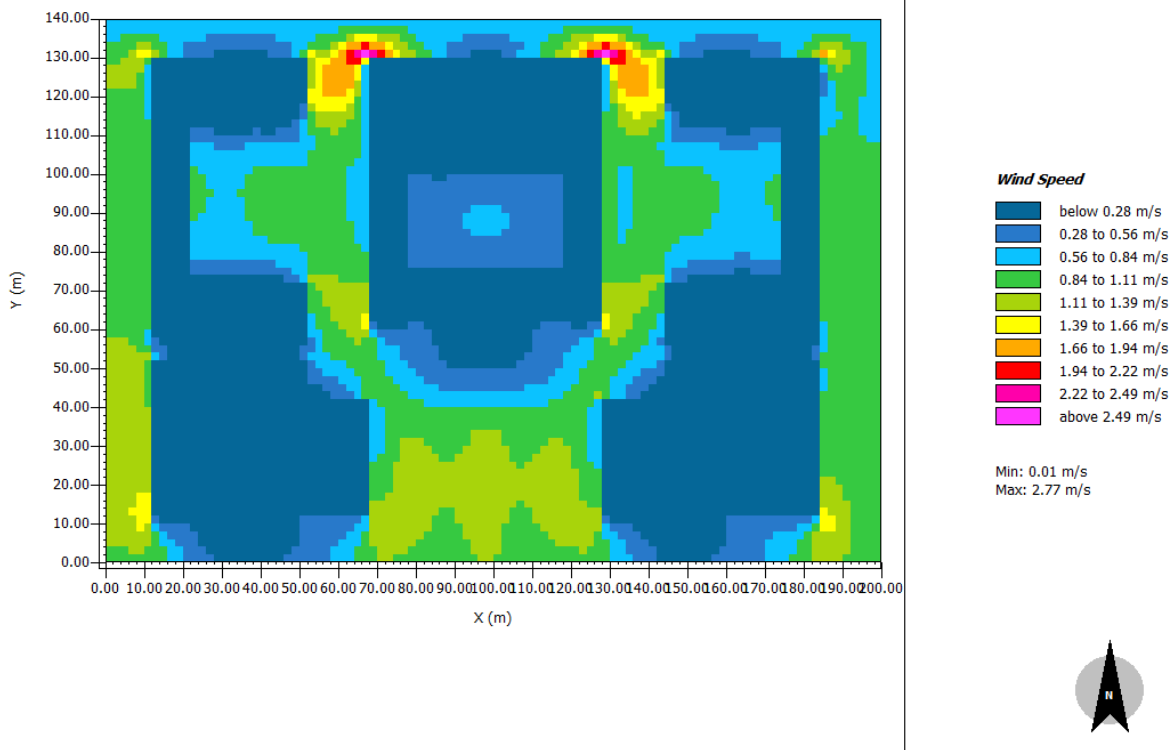
Παρουσιάζεται στην συνέχεια η τιμή της ταχύτητας του ανέμου ανά μία ώρα από τις 8:00 μμ μέχρι της 14:00 μμ. Παρατηρείται πολύ μικρή απόκλιση στις τιμές ανά ώρα κατά που σημαίνει ότι υπάρχει μία σταθερότητα στην περιοχή. Επίσης στις περιοχές ανάμεσα στα κτίρια φαίνεται να επικρατούν πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου κάτι που είναι επιθυμητό. Στην συνέχεια παραθέτονται οι κατανομές της ταχύτητας του ανέμου για κάθε ώρα της προσομοίωσης από το εργαλείο του ENVI-met το Leonardo.



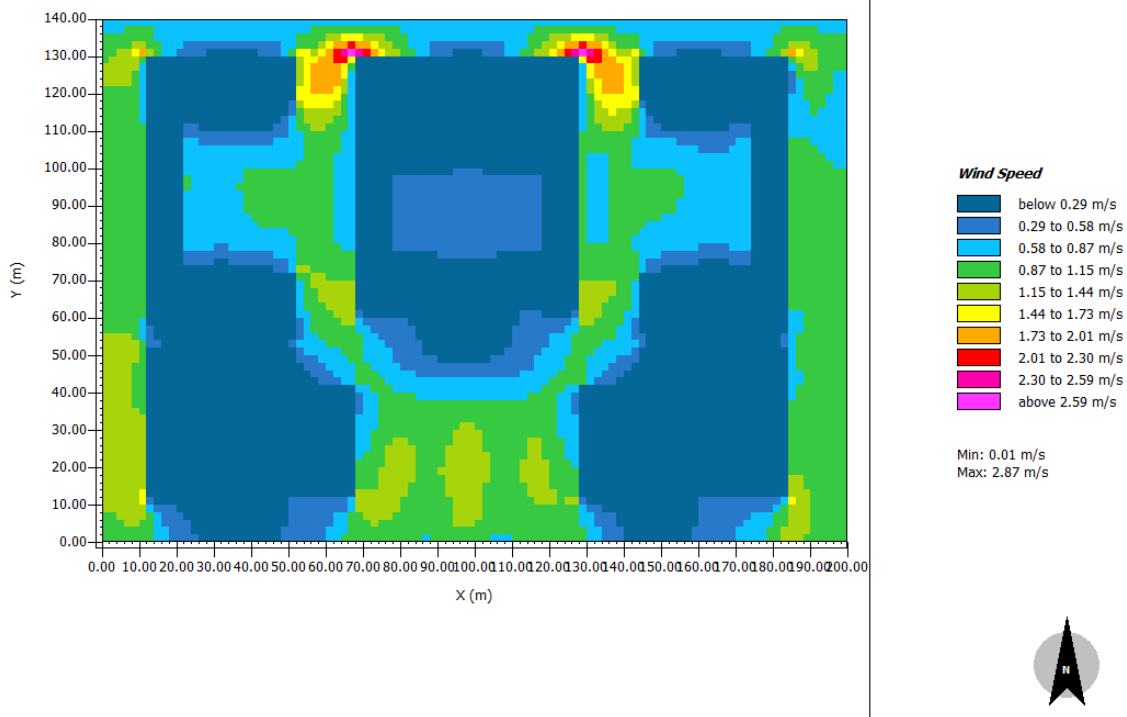
Εικόνα 6.1 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 8:00 πμ.



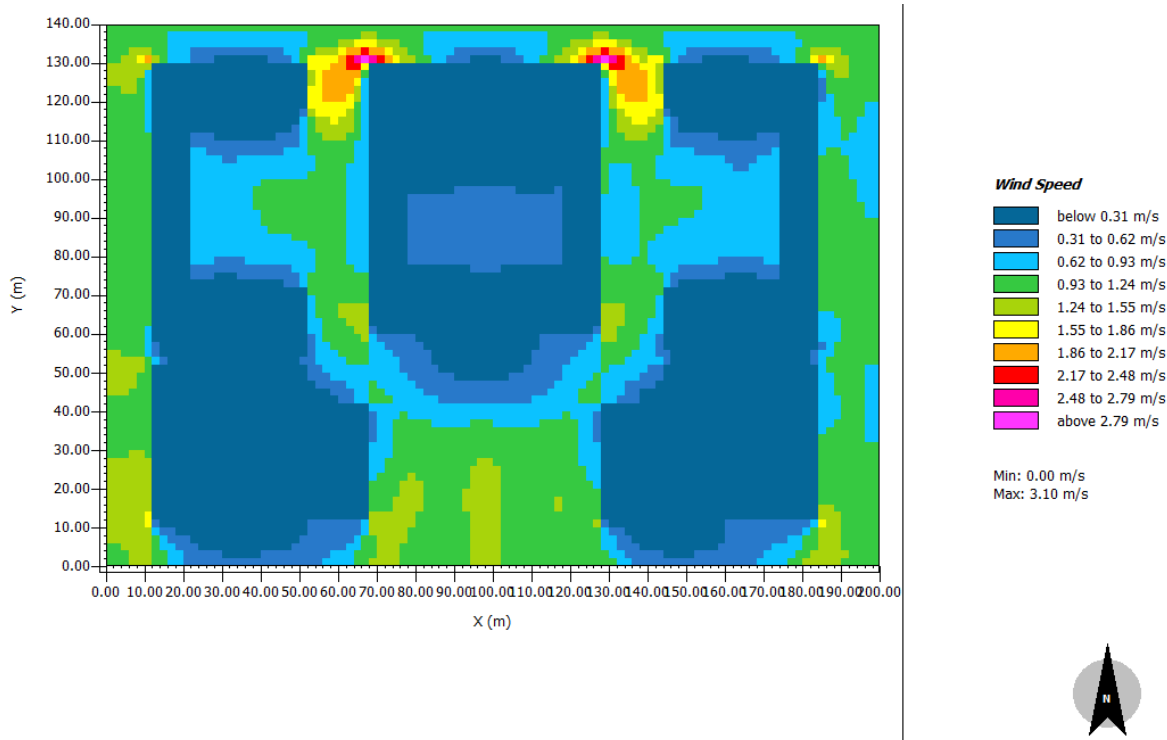
Εικόνα 6.2 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 9:00 πμ.



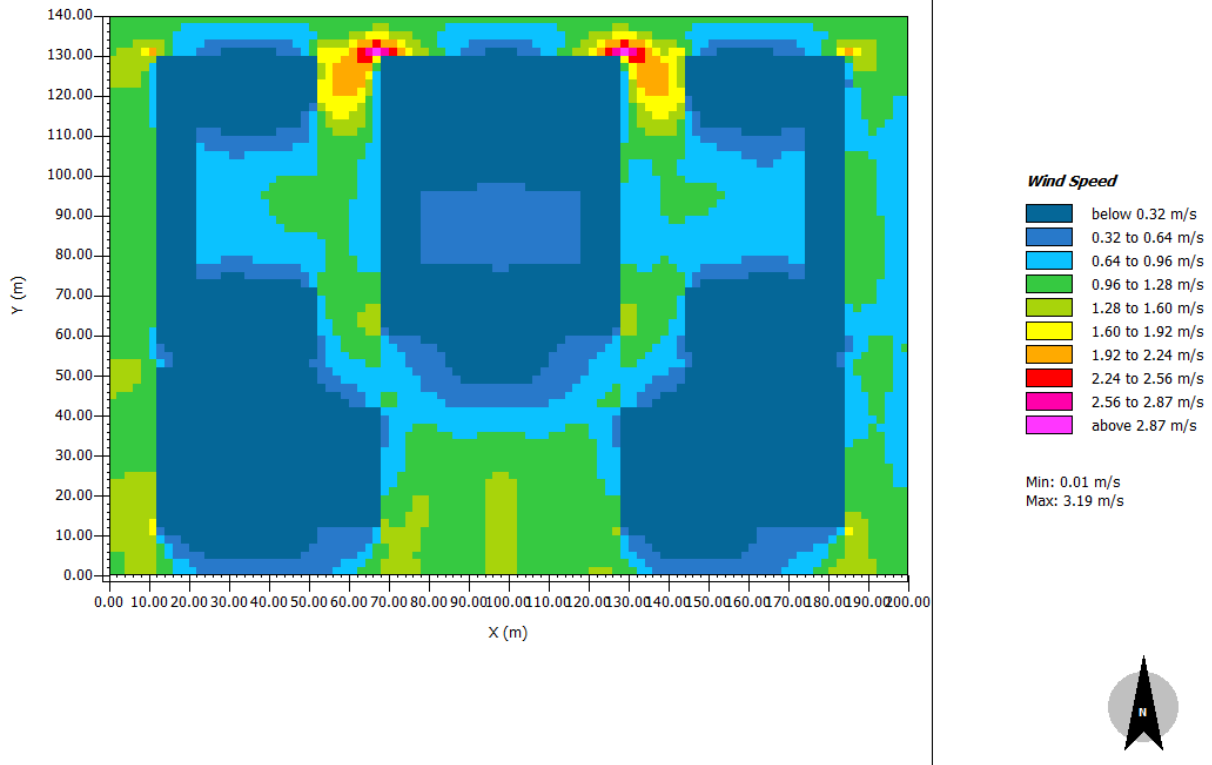
Εικόνα 6.3 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 10:00 πμ.



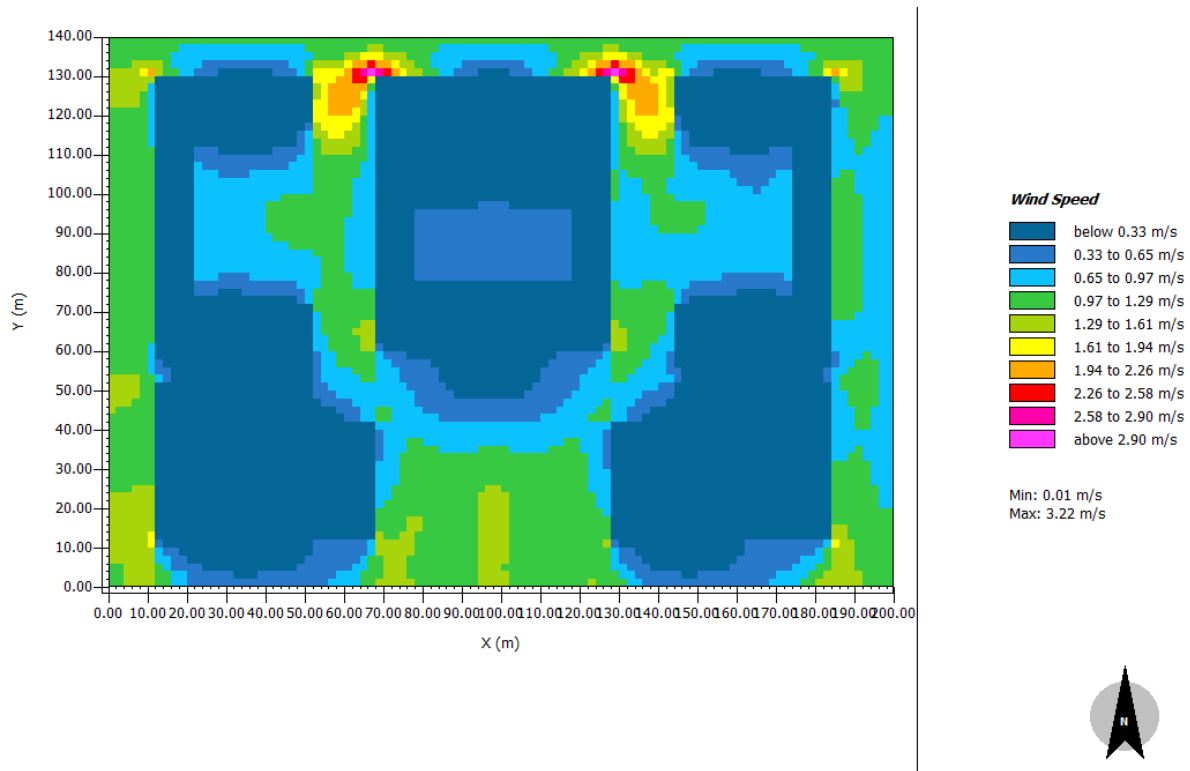
Εικόνα 6.4 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 11:00 πμ.



Εικόνα 6.5 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 12:00 μμ.



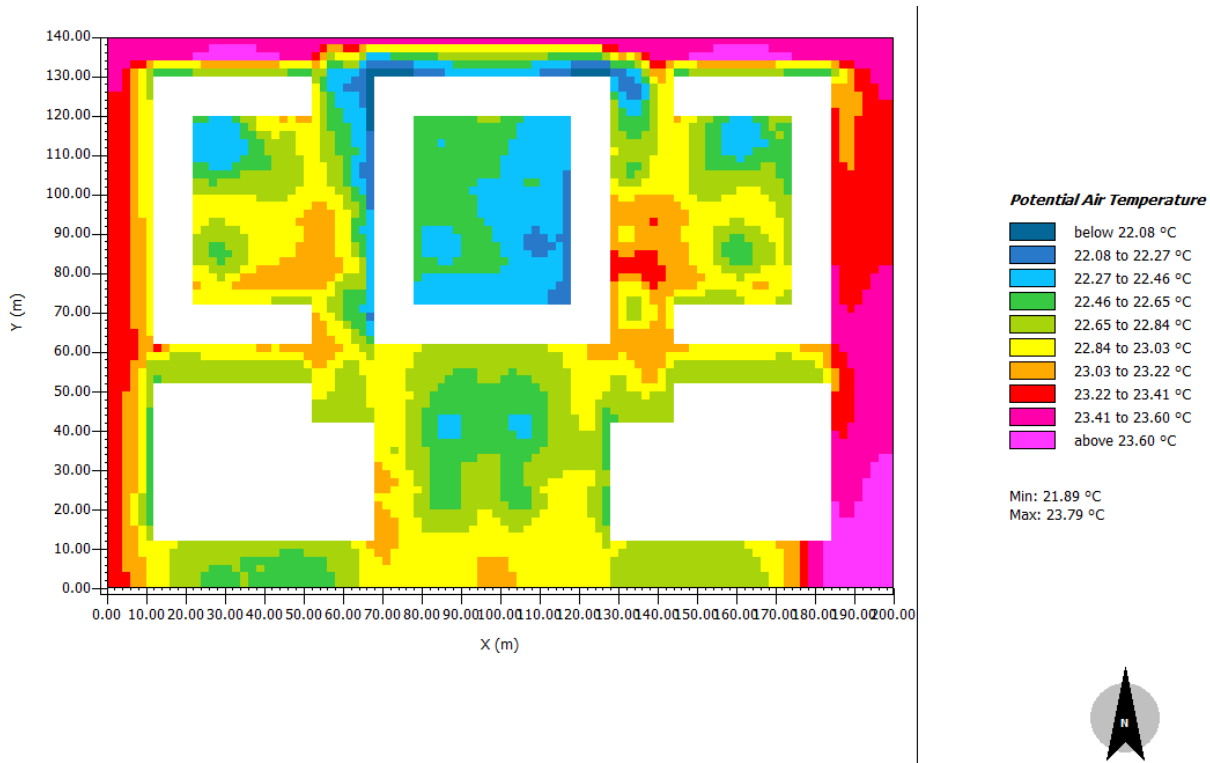
Εικόνα 6.6 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 13:00 μμ.



Εικόνα 6.7 Η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του σχολείου στις 14:00 μμ.

6.1.β Μέση δυνατή θερμοκρασία

Στη συνέχεια δίνεται το διάγραμμα με την μέση δυνατή θερμοκρασία κατά την διάρκεια μιας σχολικής ημέρας.

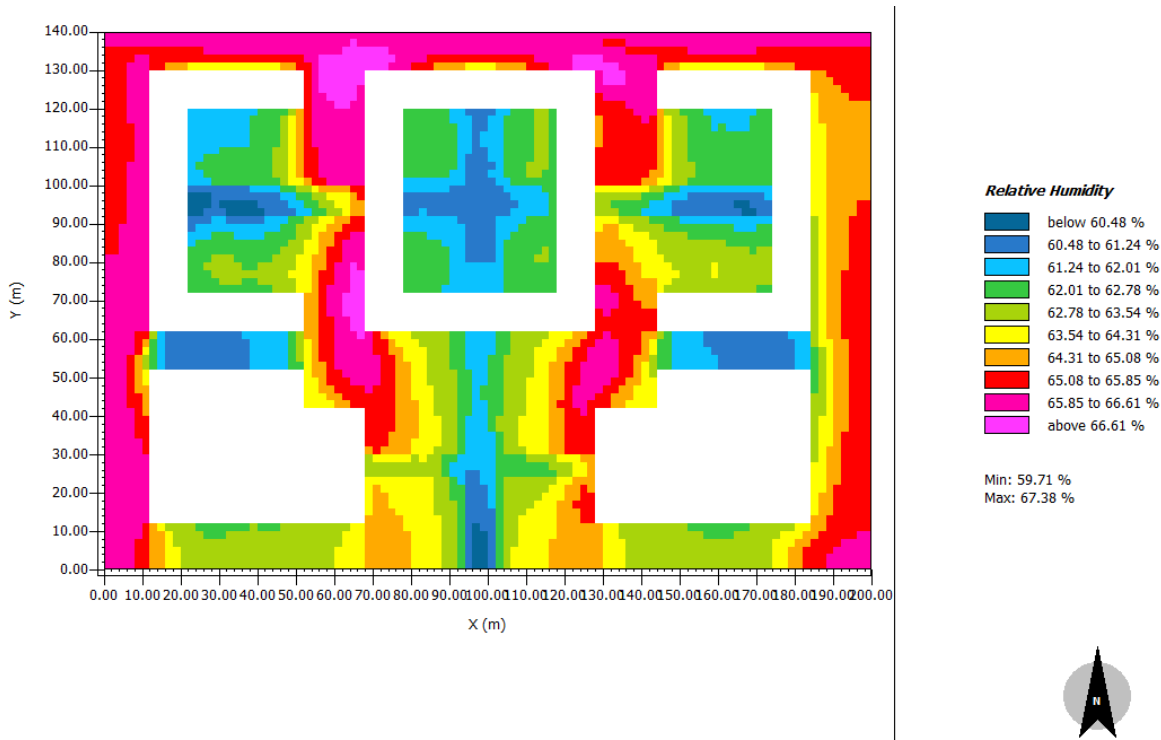


Εικόνα 6.8 Η μέση δυνατή θερμοκρασία στην περιοχή του σχολείου κατά την διάρκεια της προσομοίωσης.

Η μέση δυνατή θερμοκρασία στην περιοχή του σχολείου είναι σε αποδεκτά επίπεδα χωρίς να υπάρχουν περιοχές με πολύ χαμηλή ή περιοχές με πολύ υψηλή τιμή. Ειδικότερα στην περιοχή ανάμεσα στα σχολεία, το προαύλιο, η θερμοκρασία είναι κοντά στην ιδανική. Ο αναλυτικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων της θερμοκρασίας θα πραγματοποιηθεί στην επόμενη υποενότητα.

6.1.γ Μέση σχετική υγρασία

Στη συνέχεια δίνεται το διάγραμμα με την μέση σχετική υγρασία κατά την διάρκεια μιας σχολικής ημέρας.

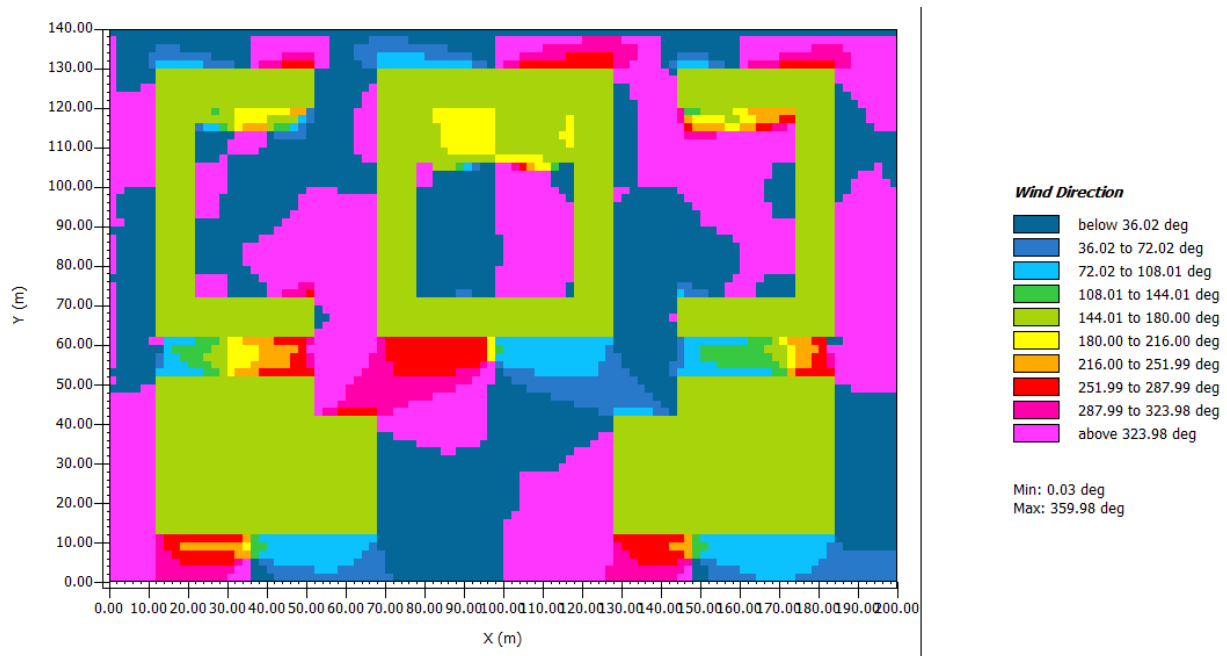


Εικόνα 6.9 Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή του σχολείου.

Η σχετική υγρασία κυμαίνεται σε φυσιολογικές τιμές χωρίς να υπάρχει περιοχή εντός του προαυλίου του σχολείου με ακραία τιμή. Πρόκειται για μία πάρα πολύ σημαντική παράμετρο που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την άνεση των ανθρώπων της περιοχής. Τιμές μεγαλύτερες από τα αποδεκτά όρια δημιουργούν ένα περιβάλλον ακατάλληλο για κάθε άνθρωπο ανεξαρτήτως ηλικίας και συχνά μπορεί σχετίζονται με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

6.1.δ Μέση κατεύθυνση του ανέμου

Τέλος δίνεται το διάγραμμα με την μέση κατεύθυνση κατά την διάρκεια μιας σχολικής ημέρας.

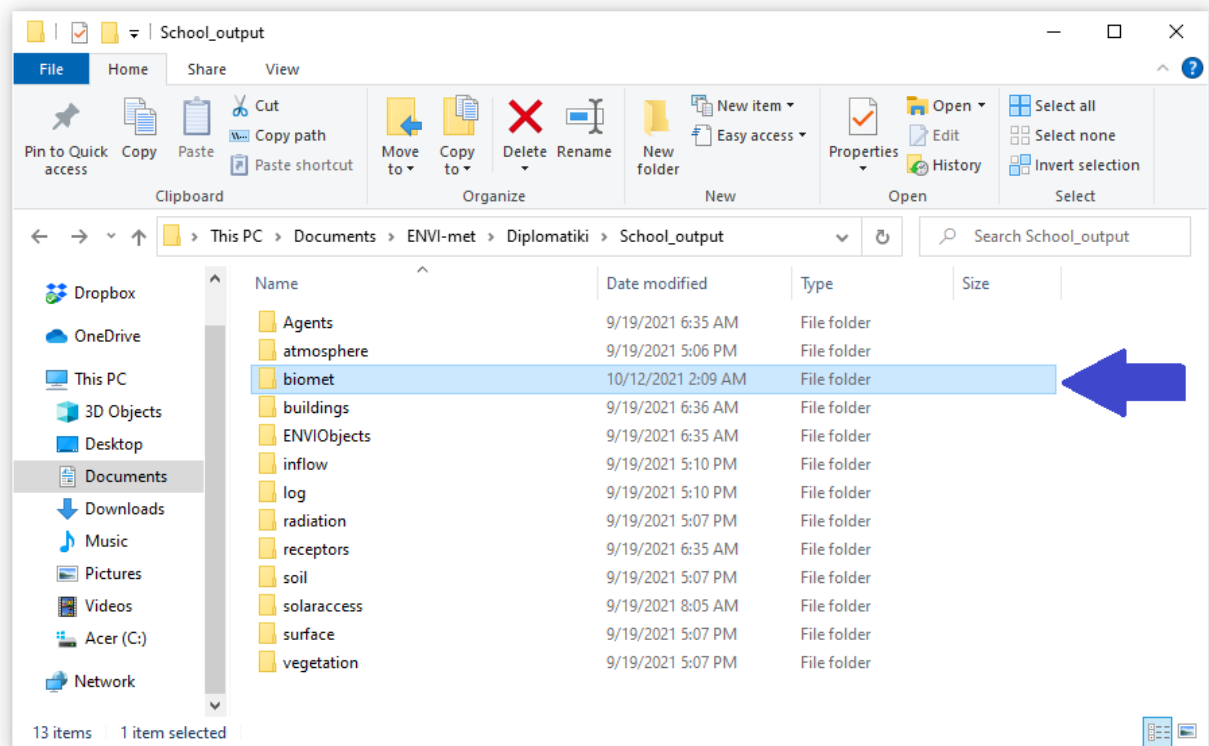


Εικόνα 6.10 Η μέση κατεύθυνση του ανέμου στην περιοχή του σχολείου.

Η παράμετρος της μέσης ταχύτητας του ανέμου δεν έχει τόσο μεγάλη επιρροή στην άνεση των ανθρώπων. Περισσότερο σημαντική είναι η ταχύτητα του ανέμου, να μην είναι υπερβολικά υψηλή. Για αυτόν το λόγο εξάλου τοποθετήθηκαν τα δέντρα και τα κτίρια με αυτόν τον τρόπο, για να ελαττώσουν την ταχύτητα του ανέμου ή να τον εμποδίσουν τελείως, παρέχοντας ένα προαύλιο με ιδανικές συνθήκες άνεσης. Παρατηρείται ωστόσο μία ποικιλία στις κατευθύνσεις του ανέμου γύρω από το βιοκλιματικό κτίριο.

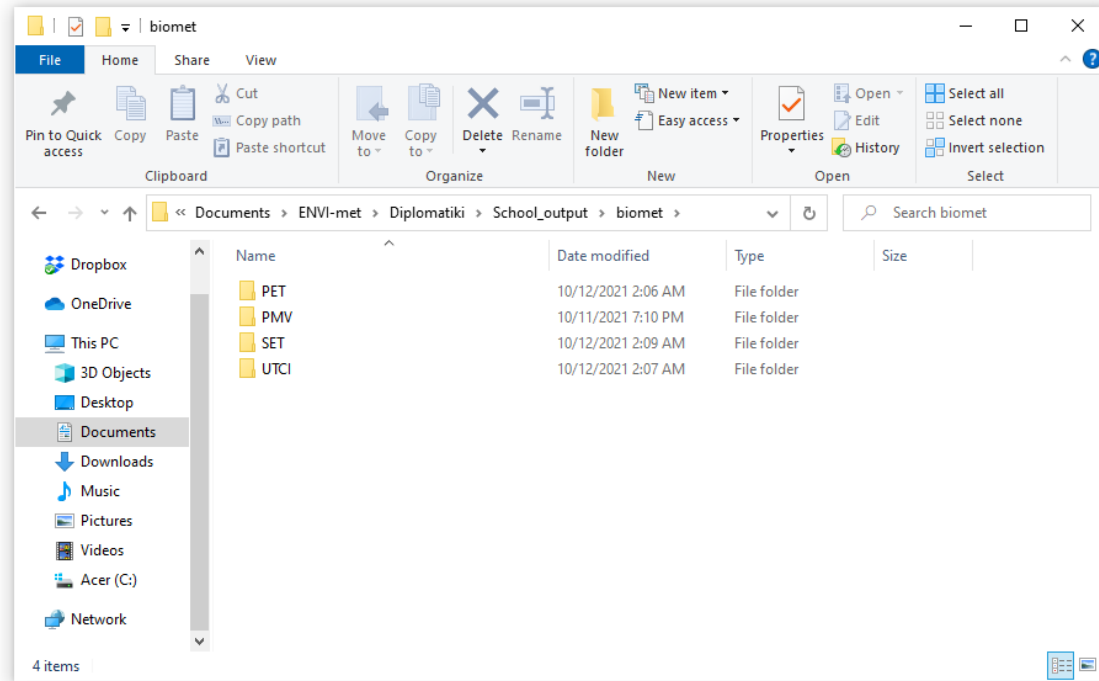
6.1.ε Αποτελέσματα δεικτών άνεσης του BIO-met

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών των δεικτών άνεσης από το BIO-met αποθηκεύονται στον υποφάκελο biomet **Εικόνα 6.11**. Στην παρούσα διπλωματική έχει αναφερθεί και άλλος ένας δείκτης, ωστόσο το BIO-met έχει τους τέσσερις βασικούς PMV/PPD, PET, UTCI και SET. Τα δεδομένα του κάθε δείκτη έχουν αποθηκευτεί σε ξεχωριστό φάκελο μέσα στον φάκελο biomet **Εικόνα 6.12**.



Εικόνα 6.11 Η τοποθεσία των δεδομένων των δεικτών άνεσης από το BIO-met.

Με την χρήση του εργαλείου Leonardo θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των δεικτών και στην συνέχεια ο σχολιασμός και σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές της θεωρίας που έχουν αναφερθεί στην ενότητα 3. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι κανένας δείκτης δεν είναι απόλυτος ως προς τα συμπεράσματά του και πως είναι προτιμότερο για μία ακριβέστερη και πιο αξιόπιστη εικόνα ως προς την άνεση να υπολογίζονται πολλαπλοί δείκτες.

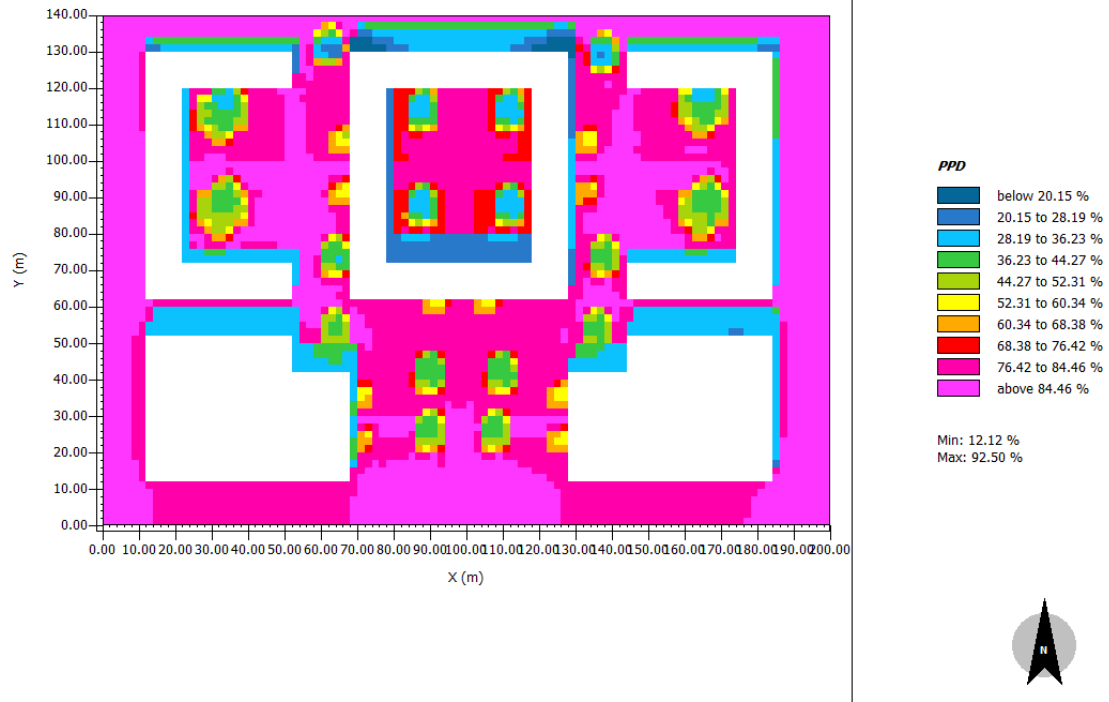


Εικόνα 6.12 Οι φάκελοι με τα αποτελέσματα των δεικτών άνεσης ξεχωριστά.

6.1.ε.ι Ο δείκτης PMV/PPD

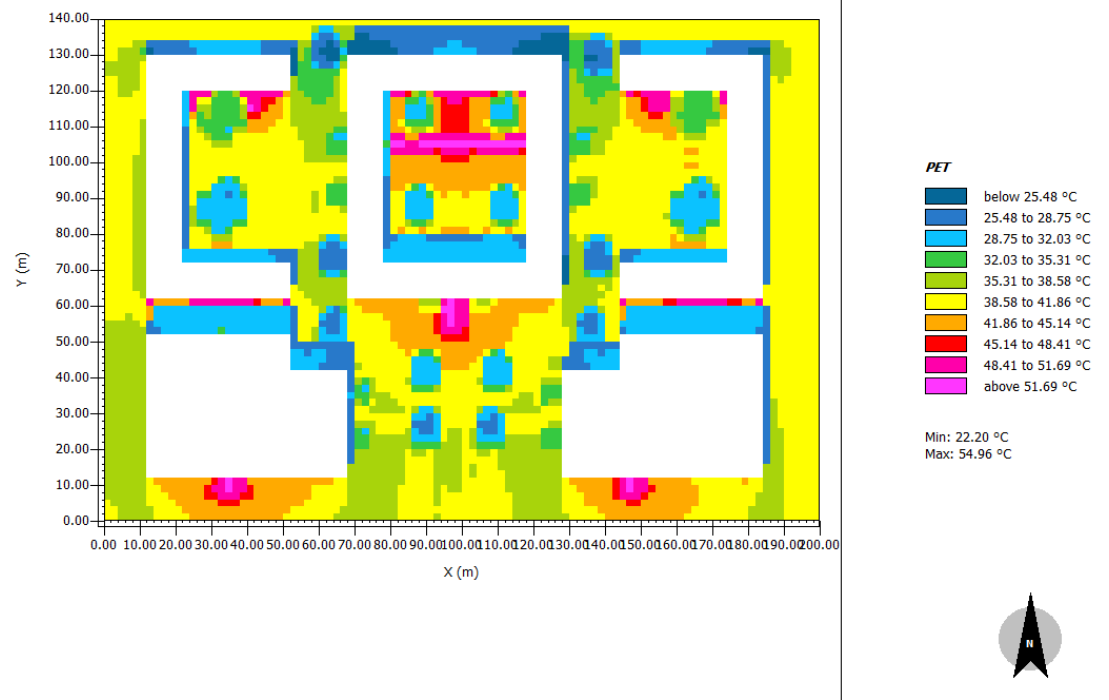


Εικόνα 6.13 Τα αποτελέσματα του δείκτη PMV.



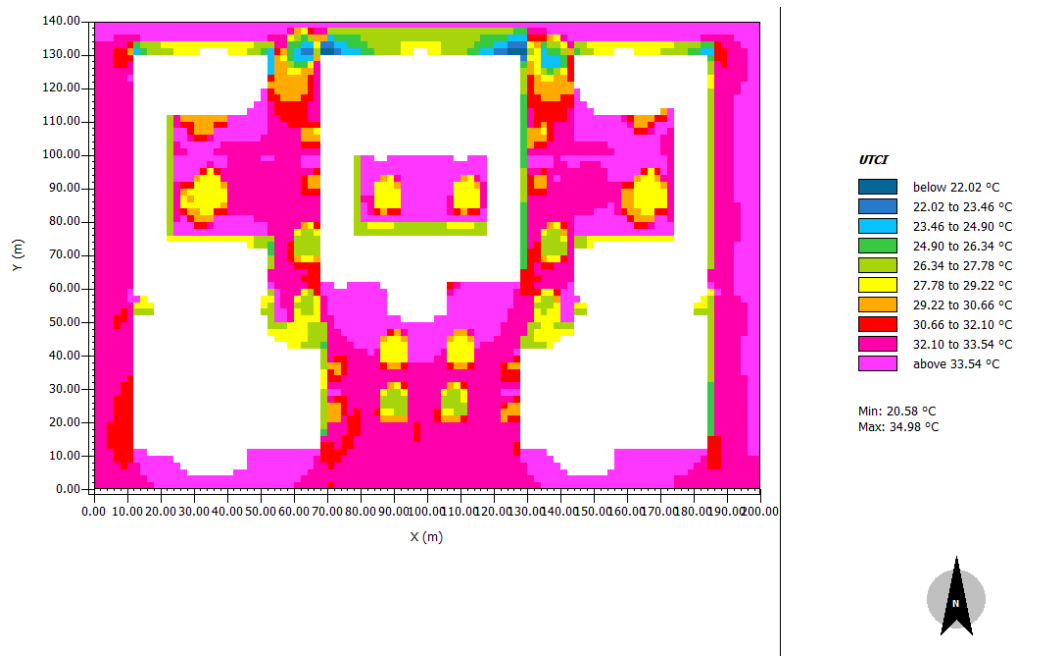
Εικόνα 6.14 Τα αποτελέσματα του δείκτη PPD.

6.1.ε.ii Ο δείκτης PET



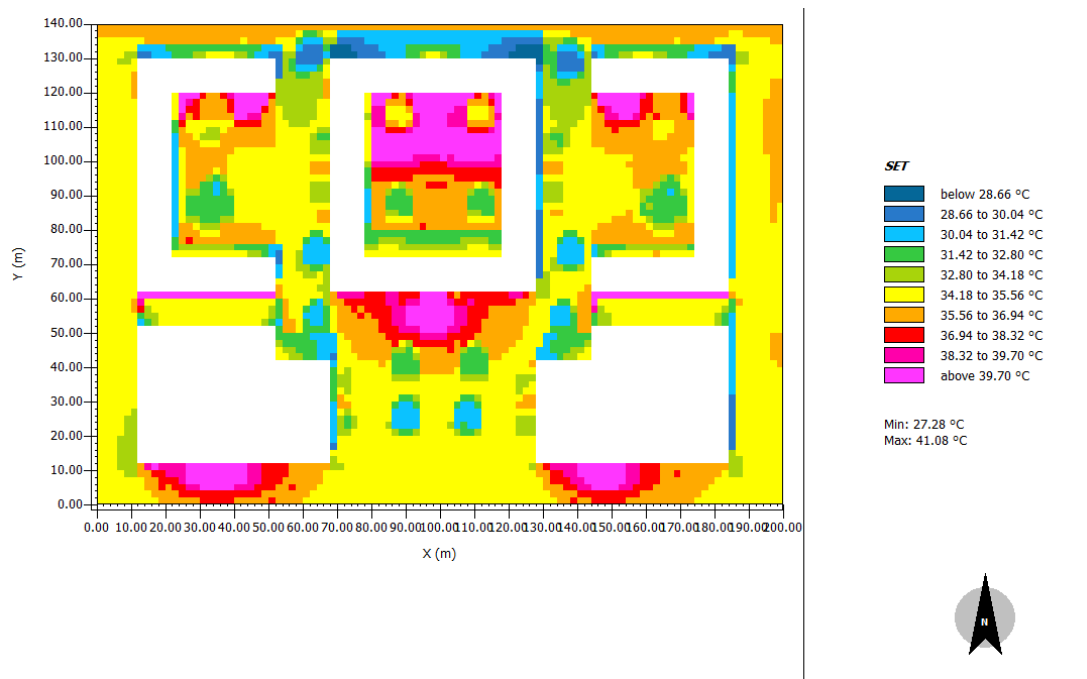
Εικόνα 6.15 Τα αποτελέσματα του δείκτη PET.

6.1.ε.iii Ο δείκτης UTCI



Εικόνα 6.16 Τα αποτελέσματα του δείκτη UTCI.

6.1.ε.iv Ο δείκτης SET



Εικόνα 6.17 Τα αποτελέσματα του δείκτη SET.

6.2 Συμπεράσματα προσομοίωσης

6.2.α Η ταχύτητα του ανέμου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ταχύτητα του ανέμου είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση των ανθρώπων. Είναι λογικό πως η ύπαρξη υψηλών τιμών ταχύτητας ανέμου σε μία περιοχή δημιουργεί πολλά προβλήματα. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι εκτός από ενοχλητική, η υψηλή ταχύτητα ανέμου έχει ως αποτέλεσμα τον μεγαλύτερο ρυθμό αποβολής θερμότητας και συνεπώς η αίσθηση ενός ανθρώπου ότι κρυώνει. Επομένως μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. Συνεπώς είναι μέγιστης σημασίας η ταχύτητα του ανέμου να κινείται σε λογικά όρια, τουλάχιστον στο προαύλιο των κτιρίων, έκει δηλαδή όπου θα υπάρχουν οι περισσότεροι άνθρωποι. Η γεωμετρία των κτιρίων σχεδιάστηκε με αυτήν την προοπτική, δηλαδή τα κτίρια να περικυκλώνουν τον εσωτερικό χώρο και με αυτόν τον τρόπο να ελαττώνουν την ένταση του ανέμου.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρατηρείται πως όλες τις ώρες η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από το μέγιστο επιτρεπτό όριο για άνεση σε εξωτερικό χώρο το οποίο είναι 4m/s. Η υψηλότερη ταχύτητα εντοπίζεται στις δύο βόρειες γωνίες του κτιρίου Α ενώ στους χώρους που περικλείονται από τα κτίρια κυριαρχούν μικρές ταχύτητες της τάξης κάτω από 1m/s. Αξίζει επιπλέον να σημειωθεί ότι το πεδίο κατανομής της ταχύτητας δεν υπόκειται σε μεγάλες μεταβολές κατά την διάρκεια των ωρών λειτουργίας του σχολείου, γεγονός που το καθιστά σχεδόν σταθερό σύστημα. Για την επίτευξη των παραπάνω αποτελεσμάτων καθοριστικό ρόλο παίζει η ύπαρξη των δέντρων.

6.2.β Μέση δυνατή θερμοκρασία

Γενικά για έναν άνθρωπο η ιδανική θερμοκρασία στην οποία δεν κρυώνει ούτε ζεσταίνεται κυμαίνεται από τους 20 °C μέχρι τους 23 °C. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κυμαίνονται σε αυτές τις θερμοκρασίες κατί που είναι προφανές επιθυμητό. Οι περιοχές που είναι σημαντικό να έχουν ιδανικές θερμοκρασίες είναι κυρίως αυτές του προαυλίου, ανάμεσα στα κτίρια. Έκει παρατηρείται ένα εύρος από 22 °C μέχρι 23 °C. Στον εσωτερικό χώρο που περικλείεται από το κτίριο Α φαίνεται να έχει τις μικρότερες θερμοκρασίες ενώ στον εξωτερικό χώρο γύρω από τα κτίρια έχει τις μεγαλύτερες, ωστόσο αυτή η περιοχή δεν θα έχει το πλήθος των μαθητών που θα έχει το προαύλιο στο εσωτερικό. Σε γενικές γραμμές δεν υπάρχουν μεγάλες μεταβολές, κατί

που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ανθρώπινη άνεση. Μέχρι στιγμής οι συνθήκες του ανέμου και της θερμοκρασίας προσεγγίζουν σε σημαντικό βαθμό τις ιδανικές.

6.2.γ Μέση σχετική υγρασία

Η σχετική υγρασία είναι πολύ σημαντική παράμετρος ως προς την άνεση των ανθρώπων. Τα σωστά επίπεδα σχετικής υγρασίας δροσίζουν τα άτομα το καλοκαίρι και τα ζεσταίνουν τον χειμώνα. Σύμφωνα με την ASHRAE επιτυγχάνεται άνεση όταν η σχετική υγρασία κυμαίνεται στις τιμές 30% με 60%. Γενικά η η σχετική υγρασία μπορεί να επηρεάσει τη συχνότητα αναπνευστικών λοιμώξεων και αλλεργιών. Για αυτόν το λόγο είναι σημαντικό η τιμή της να μην ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια.

Οι τιμές της σχετικής υγρασίας στην συγκεκριμένη προσομοίωση κυμαίνονται στο ανώτερο όριο, με εξαίρεση να αποτελούν μερικές περιοχές ανάμεσα στα κτίρια. Ο εσωτερικός χώρος που περικλείεται από το κτίριο Α έχει κυρίως τιμές κάτω από 60% καθώς και οι χώροι μεταξύ των κτιρίων Β και Δ αλλά και Γ και Ε. Επιπρόσθετα στις περιοχές που περικλείονται από τα κτίρια Β και Γ οι τιμές της σχετικής υγρασίας είναι εξίσου κάτω από 60%. Αυτοί είναι και οι χώροι που θα υπάρχουν κυρίως τα άτομα επομένως είναι πολύ σημαντικό να έχουν επιτρεπτές τιμές RH. Τα μεγαλύτερα ποσοστά RH παρατηρούνται στους εξωτερικούς χώρους γύρω από τα κτίρια με τιμές πάνω από 65%, ωστόσο αυτές οι περιοχές δεν έχουν σκοπό να φιλοξενούν άτομα για αρκετή ώρα.

6.2.δ Δείκτες άνεσης του BIO-met

6.2.δ.i Ο δείκτης PMV/PPD

Ο δείκτης PMV έχει αναφερθεί ότι λαμβάνει τιμές από -3 μέχρι 3 ανάλογα με την θερμική αίσθηση. Γενικά κάτω από τα δέντρα ο δείκτης PMV κυμαίνεται από 1 μέχρι 1,7, δηλαδή βρίσκεται στην περιοχή ελαφρώς θερμή με θερμή αίσθηση. Ανάμεσα στα κτίρια Β και Δ και στα κτίρια Γ και Ε η τιμή του δείκτη κυμαίνεται γύρω από το 1 που σημαίνει ελαφρώς θερμή. Αυτή η κατάσταση επικρατεί και σε άλλες περιοχές γύρω από τα κτίρια ενώ στο υπόλοιπο προαύλιο η τιμή του δείκτη ξεκινάει από το 2 και πάνω. Οι τιμές του δείκτη PMV θα μπορούσαν να είναι πιο χαμηλές αν υπήρχαν περισσότερα δέντρα στο προαύλιο. Περισσότερα δέντρα σημαίνει περισσότερη σκιά για τους ανθρώπους και συνεπώς καλύτερες συνθήκες.

Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από τα αποτελέσματα του δείκτη PPD, κάτι αναμενόμενο διότι οι δύο δείκτες περιγράφονται από την ίδια καμπύλη.

6.2.δ.ii Ο δείκτης PET

Τα αποτελέσματα του δείκτη PET συμβαδίζουν με των παραπάνω δεικτών, με τις τιμές του να κυμαίνονται από 25 °C μέχρι 50 °C. Τα σημεία που προκαλούν μικρότερη θερμική καταπόνηση είναι τα ίδια που προέκυψαν από τους δείκτες PMV και PPD, δηλαδή ανάμεσα στα κτίρια και κάτω από τα δέντρα ενώ στο προαύλιο επικρατούν υψιλότερες θερμοκρασίες. Και εδώ οι τιμές είναι ελαφρώς θερμή καταπόνηση στις προαναφερθέντες περιοχές και στις υπόλοιπες είναι ζεστή.

6.2.δ.iii Ο δείκτης UTCI

Ο συγκεκριμένος δείκτης σε αντίθεση με τους παραπάνω δεν δίνει αποτελέσματα σε μερικές περιοχές γύρω από τα κτίρια. Στις περιοχές γύρω από τα δέντρα καταγράφεται τιμή του δείκτη UTCI από 26 °C μέχρι 32 °C, κάτι που σημαίνει μέτρια θερμή καταπόνηση ενώ στις υπόλοιπες περιοχές επικρατεί αρκετά θερμική καταπόνηση με τιμή UTCI μεγαλύτερη από 32 °C. Μέχρι στιγμής τα αποτελέσματα των δεικτών συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό.

6.2.δ.iv Ο δείκτης SET

Τα αποτελέσματα αυτού του δείκτη παρουσιάζουν ένα ενδιαφέρον σε σχέση με τους υπόλοιπους. Αρχικά γύρω από τα κτίρια έχει τιμές κοντά στους 30 °C, τιμή που υποδηλώνει άνεση και καθόλου κίνδυνο. Στις περιοχές που υπάρχουν δέντρα ο δείκτης λαμβάνει τιμές στο εύρος 30°C με 34°C, που σημαίνει ότι επικρατεί ζεστή και ότι χρειάζεται προσοχή. Ωστόσο στο υπόλοιπο προαύλιο, με εξαίρεση κάποιες περιοχές που θα σχολιαστούν μετά, ο δείκτης SET έχει τιμή κοντά στο 34 που σημαίνει ότι και εκεί επικρατεί ζεστή και πως χρειάζεται προσοχή σε αντίθεση με τους άλλους δείκτες που συμπέραναν ότι σε αυτές τις περιοχές υπάρχει αρκετή ζεστή. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτός ο δείκτης σε μερικές περιοχές του προαυλίου έχει τιμές που κυμαίνονται στους 39 °C, τιμή που σημαίνει πολύ καυτή αίσθηση και κίνδυνο. Αυτές οι περιοχές είναι το βόρειο μέρος του εσωτερικού χώρου του κτιρίου Α και η περιοχή νότια του, και οι περιοχές νότια από τα κτίρια Δ και Ε.

Σε γενικές γραμμές οι δείκτες συμπεραίνουν ότι γύρω από τα δέντρα και σε ορισμένες περιοχές ανάμεσα ή γύρω από τα κτίρια επικρατούν καλές συνθήκες ενώ στο υπόλοιπο προαύλιο κυριαχούν θερμές. Ένα άμεσο συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως θα μπορούσαν να υπάρχουν περισσότερα δέντρα για να αυξήσουν τις περιοχές με λιγότερη θερμική καταπόνηση για τους ανθρώπους. Ωστόσο η βελτιστοποίηση των συνθηκών μπορεί να επιτευχθεί και με άλλους τρόπους.

Επίλογος

Η δημιουργία ενός καλύτερου πλανήτη για τις επόμενες γενιές είναι χρέος του κάθε ανθρώπου ως προς το περιβάλλον και ως προς του υπόλοιπους συναθρώπους του. Από την παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται φανερό πως για να επιτευχθεί αυτό, είναι αναγκαία αν όχι απαραίτητη η καλύτερη διαχείριση και κατανάλωση ενέργειας. Αυτό ισχύει διότι η ενέργεια αποτελεί τα θεμέλια στα οποία οι σύγχρονες κοινωνίες στηρίζονται και χάρις αυτήν μπορούν να λειτουργήσουν και να συντηρηθούν. Τα βιοκλιματικά κτίρια μπορούν να κάνουν αυτή την ιδέα πραγματικότητα, αφού καταναλώνουν σημαντικά λιγότερη ενέργεια αλλά και παρέχουν ιδανικές συνθήκες άνεσης για τους ανθρώπους. Δεν θα ήταν καθόλου υπερβολή αν αναφερόταν πως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι το μέλλον για έναν καλύτερο πλανήτη, έναν πλανήτη πράσινο, καθαρό και ιδανικό για ζωή. Μία έννοια που υπήρχε από το παρελθόν ως ένστικτο για την επιβίωση του ανθρώπινου είδους, αποτελεί κλειδί για την βελτίωση του μέλλοντος. Το κοντινότερο ηλιακό σύστημα είναι το Proxima Centauri. Απέχει περίπου 4,37 έτη φωτός από το δικό μας. Για να γίνει πιο κατανοητή αυτή η απόσταση αρκεί να αναλογιστεί κανείς ότι η πιο γρήγορη ανθρώπινη κατασκευή, το Voyager 1, θα έκανε πάνω από 20.000 χρόνια για να φτάσει εκεί. Αυτό σημαίνει πως προς το παρόν ο άνθρωπος πρέπει να ξεχάσει τις αποικίες σε άλλους πλανήτες και ηλιακά συστήματα και να προστατέψει τον πραγματικό θησαυρό του, την Γη, αυτόν τον μπλε πλανήτη που για χιλιάδες χρόνια μας φιλοξενεί χωρίς κανένα αντάλλαγμα.



Η Γη (η μπλε σφαίρα κάτω δεξιά) από τον Κρόνο, φωτογραφία από το Casini.

Βιβλιογραφία

1. Mitja Košir, Climate Adaptability of Buildings Bioclimatic Design in the Light of Climate Change, Ljubljana, Slovenia 2019.
2. Robin Brimblecombe and Kara Rosemeier with Dave Collins, POSITIVE ENERGY HOMES Creating Passive Houses for Better Living, 2017.
3. Fanger, P.O., Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering, USA, New York 1972.
4. Jim C.Y., Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies, Hong Kong, China 2012.
5. Perez Gabriel & Lidia Rincon & Anna Vila & Josep M. Gonzalez & Luisa F. Cabeza, Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings, Spain 2011.
6. Robert A. Francis & Jamie Lorimer, Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls, London, England 2011.
7. Passipedia, στην ιστοσελίδα www.passipedia.org
8. Geyer, Ch., Thermal protection of an exterior wall corner above a basement Analysis and refurbishment of a case of building damage, 2003.
9. Krick, Benjamin, Feist, Wolfgang, Certification criteria and calculation regulations for Certified Passive House Components: Glazing and Transparent Components, Passive House Darmstadt 2012.
10. Feist, Wolfgang; Fenster, Main function of the Passive House concept, 14th Research Group for Cost-efficient Passive Houses, Passive House Institute, Darmstadt 1998.
11. Davenport, A.G., An approach to human comfort criteria for environmental wind condition, Swedish National Building Research Institute, Stockholm 1972.
12. Givoni, B., Climate Considerations in Building and Urban Design, New York 1998.
13. Gaitani, N., Mihalakou, G. and Santamouris, M., On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces , 2007.
14. Bruse, M., Analyzing human outdoor Thermal Comfort and OpenSpace Usage with the Multi-Agent System BOT-world, Johannes Gutenberg Universität, Mainz, Germany 2009.
15. ASHRAE Standard 55, Thermal environmental conditions for human occupancy 1981.
16. Sarikou, S. and Dunnett, N., Encouraging Nature in Urban Public Parks: An evaluation of the results of the ecological approach of 70's, in UK's Urban Nature Parks, 2005.

*Ένα ευχάριστο και χρήσιμο σπίτι είναι αυτό που διατηρείται
δροσερό το καλοκαίρι και ζεστό τον χειμώνα.*

~Σωκράτης