

LVS³

Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

ΒΑΣΙΚΟ ΕΓΓΡΑΦΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Παραδοτέο προγράμματος το οποίο πραγματοποιήθηκε με οικονομική επιχορήγηση από το Ταμείο Έρευνας για τον Άνθρακα και Χάλυβα, της Ευρωπαϊκής Κοινότητας



Βασικό Έγγραφο Αναφοράς

Αν κι έχει ληφθεί κάθε δυνατή μέριμνα προκειμένου να διασφαλιστεί η ακεραιότητα και η ποιότητα της παρούσας δημοσίευσης και των πληροφοριών που εμπεριέχονται σε αυτή, ουδεμία ευθύνη δεν αναλαμβάνεται από τους εταίρους του έργου και τον εκδότη για οποιαδήποτε ζημιά προκύψει σε περιουσία ή πρόσωπα ως αποτέλεσμα της χρήσης της παρούσας δημοσίευσης και των πληροφοριών που εμπεριέχονται σε αυτή.

Επιτρέπεται η αναπαραγωγή για μη εμπορικούς σκοπούς εφόσον γίνεται αναφορά στην πηγή και παρέχεται ειδοποίηση στον συντονιστή του προγράμματος. Η δημόσια διάθεση της παρούσας δημοσίευσης μέσω άλλων πηγών εκτός των ιστοσελίδων που παρατίθενται παρακάτω απαιτεί την εκ των προτέρων έγκριση των εταίρων του έργου. Τα αιτήματα θα πρέπει να απευθύνονται στον συντονιστή του έργου:: ARCELORMITTAL BELVAL & DIFFERANGE S.A., Rue de Luxembourg 66, Esch-sur-Alzette, Luxembourg.

Το παρόν έγγραφο σχετίζεται με το πρόγραμμα (RFS2-CT-2013-00016) « LVS3 - Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures» το οποίο πραγματοποιήθηκε με οικονομική επιχορήγηση από το Ταμείο Έρευνας για τον Άνθρακα και Χάλυβα, της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

ISBN 978-80-01-05439-0

Helena Gervásio, Paulo Santos, Luís Simões da Silva, Olivier Vassart, Anne-Laure Hettinger and Valérie Huet

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ	6
2.1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	6
2.2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	7
2.3	ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΚΖ	9
2.3.1	Καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου μελέτης	Error! Bookmark not defined.
2.3.2	Ανάλυση απογραφής δεδομένων	12
2.3.3	Εκτίμηση των επιπτώσεων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής	12
2.3.4	Ερμηνεία των αποτελεσμάτων του κύκλου ζωής	23
2.3.5	Χαρακτηριστικό παράδειγμα	23
2.4	ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	24
2.4.1	CEN TC350	24
2.4.2	Επίπεδο κτιρίου (EN 15978)	25
2.4.3	Επίπεδο υλικού (EN 15804)	31
2.5	ΆΛΛΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ (ΚΥΡΙΩΣ ΓΙΑ ΤΗ ΦΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)	32
3	ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	35
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	35
3.2	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ MACRO-ΣΤΟΙΧΕΙΑ	35
3.2.1	Γενικά Βήματα	36
3.2.2	Κατανομή των υλικών ανακύκλωσης	39
3.2.3	Χαρακτηρισμός των macro-στοιχείων	44
3.2.4	Χαρακτηριστικό παράδειγμα της συγκέντρωσης όλων των macro-στοιχείων	46
3.3	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΦΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)	51
3.3.1	Εισαγωγή	51
3.3.2	Τοποθεσία κτιρίου και κλίμα	51
3.3.3	Μέθοδος υπολογισμού ενεργειακής ζήτησης	56
3.3.4	Βαθμονόμηση του αλγορίθμου	82
4	ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΠΟΥ ΥΙΟΘΕΤΗΘΗΚΑΝ	91
4.1	ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΜΕ ΤΑ MACRO-ΣΤΟΙΧΕΙΑ	91
4.1.1	Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης	91
4.1.2	Επιλογή macro-στοιχείων	92
4.1.3	Εφαρμογή της προσέγγισης των macro-στοιχείων	94
4.1.4	Σύγκριση με λεπτομερή ανάλυση κύκλου ζωής	95
4.2	ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	97
4.2.1	Κλιματικά δεδομένα και θερμικά χαρακτηριστικά εδάφους	97
4.2.2	Δεδομένα σχετικά με συνθήκες λειτουργίας	97
4.2.3	Υπηρεσίες κτιρίου	98

4.2.4	Υάλινο κέλυφος και λειτουργικές προδιαγραφές σκίασης.....	98
4.2.5	Αδιαφανές κέλυφος.....	99
4.2.6	Αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου	99
4.2.7	Σύγκριση με προηγμένη αριθμητική προσομοίωση	99
4.3	ΤΕΛΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	102
Αναφορές.....		103
Παραρτημα 1 – Βαση δεδομένων MACRO-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....		106

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός του παρόντος εγγράφου είναι να παράσχει πληροφόρηση εις βάθος σχετικά με την ανάπτυξη και επικύρωση μεθοδολογιών του κύκλου ζωής, εστιάζοντας στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής μεταλλικών κατασκευών. Το έγγραφο δημιουργήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος **LVS³: Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures** (RFS2-CT-2013-00016).

Το παρόν έγγραφο επικεντρώνεται σε δύο συμπληρωματικές μεθοδολογίες:

- (i) στην προσέγγιση των macro-στοιχείων, αντιμετωπίζοντας την αξιολόγηση του κύκλου ζωής των κτιρίων ή/και των δομικών στοιχείων, εξαιρώντας την ποσοτικοποίηση της ενέργειας στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου,
- (ii) σε μια προσέγγιση που εστιάζει στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου και επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των λειτουργικών απαιτήσεων ενέργειας των κτιρίων.

Και οι δύο προσεγγίσεις έχουν αναπτυχθεί και επικυρωθεί στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού (RFCS) προγράμματος project “*SB_Steel: Sustainability of Steel Buildings*” (SB_Steel, 2014).

Οι προσεγγίσεις που υιοθετήθηκαν, ενσωματώθηκαν σε διαθέσιμα εργαλεία λογισμικού στα πλαίσια του παρόντος έργου LVS³. Η πρώτη προσέγγιση ενσωματώθηκε στο “*LCA calculator*”, ένα εργαλείο που αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο της Κοϊμπρα (Πορτογαλία) μαζί με την ECCS για εφαρμογές iPad και iPhone και το εργαλείο AMECO, που αναπτύχθηκε από την ArcelorMittal και την CTICM. Η δεύτερη προσέγγιση ενσωματώθηκε από την CTICM στο AMECO.

Το έγγραφο χωρίζεται σε τρία κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος (Κεφάλαιο 2), παρουσιάζεται μια σύντομη εισαγωγή στην ανάλυση κύκλου ζωής, ακολουθούμενη από την παρουσίαση των διαφόρων προσεγγίσεων για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των κτιρίων και από την περιγραφή του γενικού πλαισίου της ανάλυσης του κύκλου ζωής, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα. Στη συνέχεια, το δεύτερο μέρος του παρόντος εγγράφου (Κεφάλαιο 3) παρέχει λεπτομερή περιγραφή των μεθόδων που υιοθετούνται για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής και για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου κατά την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του. Τέλος, στο τελευταίο μέρος του παρόντος εγγράφου (Κεφάλαιο 4), παρουσιάζεται μια

μελέτη περίπτωσης, η οποία χρησιμοποιείται για την επικύρωση των μεθόδων που υιοθετήθηκαν.

2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ

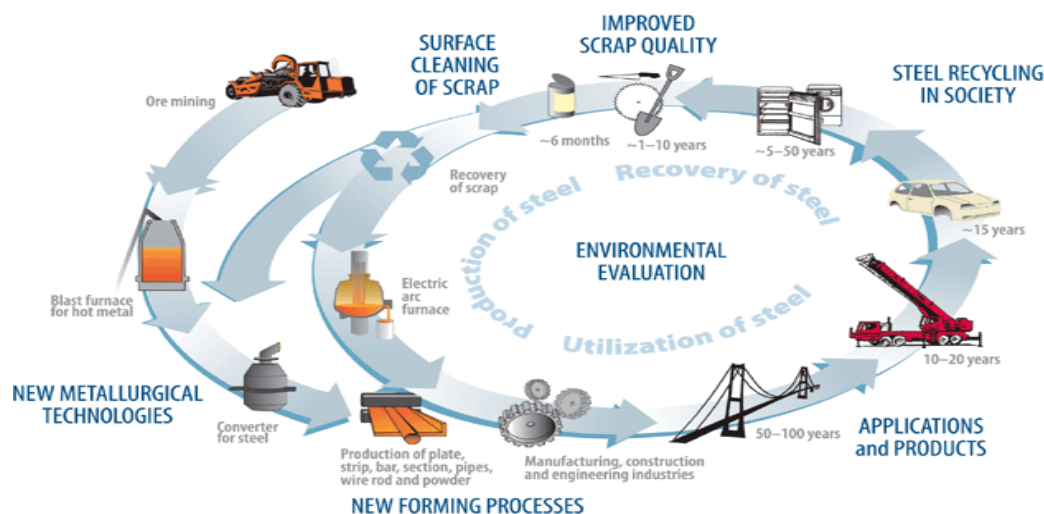
2.1 Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) αποτελεί μια αντικειμενική διαδικασία για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα καθώς και την αξιολόγηση και εφαρμογή προτάσεων βελτίωσης τους.

Η διαδικασία προσδιορίζει και ποσοτικοποιεί τη χρήση πρώτων υλών, τις ενεργειακές απαιτήσεις, τα στερεά απόβλητα, τις ατμοσφαιρικές εκπομπές και τις εκπομπές στο νερό καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος (δηλαδή από την απόκτηση των πρώτων υλών έως το τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος), όπως απεικονίζεται στην Εικ. 2.1.

Οι προσεγγίσεις της ΑΚΖ συνιστώνται από την Integrated Product Policy (COM (2003) 302) για την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων των προϊόντων.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να λάβουν χώρα σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου ή άλλης κατασκευής. Το κύριο πλεονέκτημα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ότι αποφεύγει τη μετατόπιση των επιπτώσεων από ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε άλλο, από μία γεωγραφική περιοχή σε άλλη και από ένα περιβαλλοντικό στοιχείο (π.χ. την ποιότητα του αέρα) σε ένα άλλο (π.χ. νερό ή έδαφος) (UNEP, 2004).



Εικ. 2.1: Μεθοδολογία Κύκλου Ζωής (πηγή stalkretsløppet.se)

Επιπλέον, οι προσεγγίσεις κύκλου ζωής επιτρέπουν καλύτερες επιλογές σε μακροπρόθεσμη βάση. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας σε ολόκληρη την αλυσίδα του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, από την επεξεργασία των πρώτων υλών για την παραγωγή του έως το τέλος της ωφέλιμης ζωής του (cradle to grave), έχει μία ευθύνη κι έναν ρόλο να παίξει, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (UNEP, 2004). Με την ποσοτικοποίηση όλων των εκπομπών σε αέρα, νερό και έδαφος που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, η προσέγγιση κύκλου ζωής παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού των πιο κρίσιμων διεργασιών που διέπουν τη ζωή ενός προϊόντος ή συστήματος, ενισχύοντας έτσι την δυνατότητα βελτίωσης του περιβάλλοντος σε όλη την αλυσίδα του προϊόντος. Παρόλα αυτά, ο συγκεκριμένος τύπος ανάλυσης παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα:

- ✓ Η ΑΚΖ είναι συνήθως χρονοβόρα και ακριβή διαδικασία, ενώ συχνά απαιτεί και εξειδικευμένες γνώσεις.
- ✓ Δεν υπάρχει μία γενικώς αποδεκτή μεθοδολογία ΑΚΖ.
- ✓ Κάποιες από τις παραδοχές που λαμβάνονται στην ΑΚΖ είναι υποκειμενικές (π.χ. ο καθορισμός των ορίων του συστήματος, η πηγή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται και η επιλογή αξιολόγησης του αντικτύπου).
- ✓ Τα αποτελέσματα της ΑΚΖ μπορεί να επικεντρώνονται σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο και κατ'επέκταση να μην είναι κατάλληλα για τοπικές εφαρμογές.
- ✓ Η ακρίβεια της ΑΚΖ εξαρτάται από την ποιότητα και διαθεσιμότητα των σχετικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται.

Οι προσεγγίσεις κύκλου ζωής που υιοθετήθηκαν στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος αποσκοπούν στην αντιμετώπιση ορισμένων από τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα, όπως περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Στην επόμενη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου, παρατίθεται μία σύνοψη αναφορά στις διαφορετικές μεθοδολογίες κι εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενός κτιρίου.

2.2 Μεθοδολογίες και εργαλεία για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των κτιρίων

Ο κατασκευαστικός τομέας είναι υπεύθυνος για ένα σημαντικό ποσοστό περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον τομέα της βιομηχανίας. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον όσον αφορά στην περιβαλλοντική αξιολόγηση του δομημένου περιβάλλοντος.

Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εργαλείων αξιολόγησης του δομημένου περιβάλλοντος. (Reijnders and Roekel, 1999):

- (i) Ποιοτικά εργαλεία που βασίζονται σε αποτελέσματα και κριτήρια.
- (ii) Εργαλεία που χρησιμοποιούν ποσοτική ανάλυση δεδομένων εισόδου κι εξόδου και βασίζονται στην προσέγγιση κύκλου ζωής.

Στην πρώτη ομάδα εργαλείων περιλαμβάνονται συστήματα όπως το LEED (στις Η.Π.Α.), το BREAM (στο Η.Β.), το GBTool (Διεθνής Αρχή για Βιώσιμο Δομημένο Περιβάλλον (iiSBE)), κ.λπ. Οι μέθοδοι αυτές, γνωστές και ως συστήματα αξιολόγησης, συνήθως βασίζονται στην επιθεώρηση κτιρίων και στην εκχώρηση των αποτελεσμάτων σε προκαθορισμένες παραμέτρους. Παρόλο που ορισμένες παράμετροι είναι κατά βάση ποιοτικές, μπορούν να είναι και ποσοτικές, ακόμα και να χρησιμοποιούν την AKZ κυρίως στην ποσοτικοποίηση των μονάδων υλικού. Τα συγκεκριμένα συστήματα συνήθως χρησιμοποιούνται για την απόκτηση πιστοποιητικών πράσινου κτιρίου και οικολογικών σημάτων. Ωστόσο, αυτού του είδους τα εργαλεία βρίσκονται εκτός του πεδίου του παρόντος εγγράφου και κατά συνέπεια έμφαση θα δοθεί στην δεύτερη κατηγορία εργαλείων τα οποία βασίζονται στις προσεγγίσεις κύκλου ζωής.

Η AKZ μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στον κτιριακό τομέα. Ωστόσο, λόγω των χαρακτηριστικών της, υπάρχουν πρόσθετα προβλήματα που αφορούν στην εφαρμογή πρότυπου κύκλου ζωής σε κτίρια κι άλλες κατασκευές. Οι κύριοι λόγοι ταξινομούνται ως εξής (IEA, 2001):

- (i) Το προσδόκιμο ζωής των κτιρίων είναι μεγάλο κι άγνωστο και κατ'επέκταση υπόκειται σε υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας.
- (ii) Τα κτίρια εξαρτώνται από την τοποθεσία και πολλές από τις επιπτώσεις είναι τοπικές.
- (iii) Τα δομικά υλικά συνήθως συνίστανται από σύνθετα υλικά, γεγονός που προϋποθέτει τη συλλογή περισσότερων δεδομένων όσον αφορά στις διεργασίες κατασκευής.
- (iv) Η κατανάλωση ενέργειας κατά το στάδιο χρήσης του κτιρίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά των χρηστών και τις υπηρεσίες.
- (v) Ένα κτίριο είναι ιδιαίτερα πολύ-λειτουργικό, γεγονός που καθιστά δύσκολη την επιλογή κατάλληλης λειτουργικής μονάδας.
- (vi) Τα κτίρια είναι στενά συνδεδεμένα με άλλα στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος, ιδιαίτερα με αστικές υποδομές όπως δρόμους, σωλήνες, εκτάσεις πρασίνου κι εγκαταστάσεις επεξεργασίας, και μπορεί να είναι ιδιαίτερα παραπλανητική η διεξαγωγή AKZ σε ένα κτίριο ως μεμονωμένο στοιχείο.

Όσον αφορά στην αξιολόγηση κύκλου ζωής των κτιρίων και των δομικών τους στοιχείων, πραγματοποιείται μία διάκριση μεταξύ των εργαλείων AKZ που

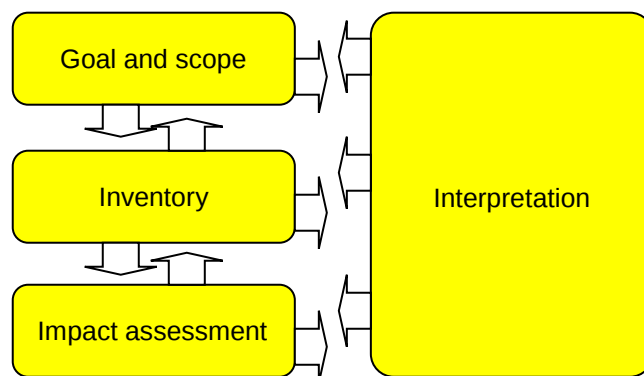
αναπτύχθηκαν με σκοπό την αξιολόγηση δομικών υλικών και στοιχείων (π.χ. BEES (Lippiatt, 2002)) και των προσεγγίσεων AKZ για την αξιολόγηση του κτιρίου ως όλον (π.χ. Athena (Trusty, 1997), Envest (Howard et al. 1999), EcoQuantum (Kortman et al., 1998)). Τα εργαλεία της δεύτερης κατηγορίας είναι συνήθως πιο πολύπλοκα, καθώς η συνολική απόδοση του κτιρίου εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεμονωμένων στοιχείων και των υποσυστημάτων καθώς και από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ενοίκων και του φυσικού περιβάλλοντος. Η επιλογή ενός κατάλληλου εργαλείου εξαρτάται από τους συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς στόχους του προγράμματος.

Η ακρίβεια και η σημασία των εργαλείων AKZ ως βοήθημα σχεδιασμού αναλύθηκαν σε ένα πρόγραμμα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού θεματικού δικτύου PRESCO (Practical Recommendations for Sustainable Construction) (Kellenberger, 2005). Σε αυτό το πρόγραμμα, διάφορα εργαλεία AKZ συγκρίθηκαν με βάση μελέτες περίπτωσης, με γενικότερο στόχο την εναρμόνιση των βασισμένων στην AKZ εργαλείων αξιολόγησης κτιρίων. Άλλη συγκριτική ανάλυση όσον αφορά στα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης του δομημένου περιβάλλοντος μπορούν να βρεθούν στις αναφορές Jönsson (2000) και Forsberg & von Malmberg (2004).

Όπως αναφέρθηκε ήδη, το παρόν έγγραφο εστιάζει στην AKZ και, συγκεκριμένα, στην εφαρμογή της σε μεταλλικές κατασκευές. Στις επόμενες παραγράφους, εισάγεται το Κανονιστικό πλαίσιο για AKZ. Αρχικά παρουσιάζονται τα διεθνή πρότυπα ISO 14040 (2006) και ISO 14044 (2006), τα οποία καθορίζουν το γενικό πλαίσιο για AKZ, ενώ ακολουθούν και νέα Ευρωπαϊκά πρότυπα για τη βιωσιμότητα έργων κατασκευής. Πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ τα διεθνή πρότυπα έχουν ευρεία εφαρμογή, τα Ευρωπαϊκά επικεντρώνονται στην αξιολόγηση κτιρίων και άλλων έργων κατασκευής.

2.3 Κανονιστικό πλαίσιο για AKZ

Τα Διεθνή Πρότυπα ISO 14040 (2006) και 14044 (2006) καθορίζουν το γενικό πλαίσιο, τις αρχές και τις απαιτήσεις για τη διεξαγωγή και αναφορά μελετών αξιολόγησης του κύκλου ζωής. Σύμφωνα με αυτά τα πρότυπα, η αξιολόγηση κύκλου ζωής πρέπει να περιλαμβάνει καθορισμό του σκοπού και του πλαισίου της μελέτης, ανάλυση απογραφής δεδομένων, εκτίμηση των επιπτώσεων κύκλου ζωής κι ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όπως παρουσιάζεται στην Εικ. 2.2, τα διάφορα στάδια είναι αλληλένδετα κι ενίοτε μία επαναληπτική διαδικασία είναι απαραίτητη προκειμένου να εκπληρωθούν ο στόχος και οι επιδιώξεις της μελέτης. Τα διαφορετικά στάδια αναλύονται λεπτομερώς στις ακόλουθες παραγράφους.



Εικ. 2.2: Βασικά Στάδια Εφαρμογής ΑΚΖ (ISO 14044:2006)

2.3.1 Καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου μελέτης

Ο σκοπός μίας μελέτης ΑΚΖ πρέπει να αναφέρει με σαφήνεια την προβλεπόμενη εφαρμογή της ανάλυσης, τους λόγους διεξαγωγής της μελέτης και το κοινό στο οποίο απευθύνεται, δηλ. σε ποιον πρόκειται να γνωστοποιηθούν τα αποτελέσματα της μελέτης. Όσον αφορά στο πλαίσιο της μελέτης, τα κύρια στοιχεία που χρήζουν εξέτασης και σαφούς περιγραφής είναι η λειτουργική μονάδα και τα όρια του μελετώμενου συστήματος.

2.3.1.1 Λειτουργία και Λειτουργική Μονάδα

Το πλαίσιο μιας ΑΚΖ πρέπει να αναφέρει με σαφήνεια τις λειτουργίες του συστήματος που εξετάζεται. Η λειτουργική μονάδα αποτελεί το μέτρο απόδοσης του υπό μελέτη συστήματος προϊόντος.

Ο πρωταρχικός σκοπός μίας λειτουργικής μονάδας είναι να παράσχει μία αναφορά με την οποία θα συσχετίζονται οι εισροές και οι εκροές του υπό μελέτη συστήματος. Η αναφορά αυτή είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλισθεί η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ. Η συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων είναι ιδιαίτερος κρίσιμη όταν αξιολογούνται διαφορετικά συστήματα, καθώς πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι συγκρίσεις πραγματοποιούνται σε κοινή βάση.

2.3.1.2 Όρια του Συστήματος

Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες πρέπει να συμπεριληφθούν στην ΑΚΖ. Για ένα γενικό υλικό, μία ΑΚΖ καλύπτει όλα τα στάδια από την παραγωγή των πρώτων υλών έως το τέλος της ωφέλιμης ζωής (end-of-life) του υλικού, όπως απεικονίζεται στην Εικ. 2.3.



Εικ. 2.3: Διεργασίες που περιλαμβάνονται στην ΑΚΖ ενός γενικού υλικού.

Όταν η ΑΚΖ καλύπτει μόνο τα αρχικά στάδια παραγωγής ενός υλικού, τότε η ανάλυση καλείται «cradle-to-gate». Εάν ολόκληρος ο κύκλος ζωής (δηλ. από την παραγωγή των πρώτων υλών έως το τέλος της ζωής του προϊόντος) καλύπτεται στην ανάλυση, τότε γίνεται λόγος για «cradle-to-grave» ανάλυση. Όταν λαμβάνονται υπόψη οι διαδικασίες ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής ενός προϊόντος και η χρήση δευτερογενών υλικών αποτρέπει την παραγωγή νέων υλικών, τότε η ανάλυση καλείται συχνά «cradle-to-cradle» ανάλυση.

Πολλοί είναι οι παράγοντες που καθορίζουν τα όρια του συστήματος, όπως η προβλεπόμενη εφαρμογή της μελέτης, οι παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν, τα κριτήρια αποκλεισμού, οι περιορισμοί των χρησιμοποιούμενων δεδομένων, το κόστος και το κοινό στο οποίο απευθύνεται η μελέτη.

Η επιλογή των δεδομένων εισόδου κι εξόδου, το επίπεδο ταξινόμησής τους σε ευρύτερες κατηγορίες δεδομένων και η προσομοίωση/μορφή του συστήματος πρέπει να μοντελοποιούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε τα δεδομένα εισόδου-εξόδου εντός των ορίων του συστήματος να αποτελούν στοιχειώδεις ροές.

2.3.1.3 Απαιτήσεις Ποιότητας Δεδομένων

Προκειμένου να εκπληρωθεί ο σκοπός και να καλυφθεί το πλαίσιο της ανάλυσης, στο πρότυπο ISO 14044 υποδεικνύονται οι ακόλουθες απαιτήσεις:

- χρονική κάλυψη: η παλαιότητα των δεδομένων και το ελάχιστο χρονικό διάστημα εντός του οποίου πρέπει να συλλέγονται τα δεδομένα.
- γεωγραφική κάλυψη: η γεωγραφική περιοχή από την οποία πρέπει να συλλέγονται τα δεδομένα που αφορούν στις μεμονωμένες διεργασίες του συστήματος προκειμένου να εκπληρωθεί ο σκοπός της ανάλυσης.
- τεχνολογική κάλυψη: ειδική τεχνολογία ή συνδυασμός τεχνολογιών
- ακρίβεια: το μέτρο της μεταβλητότητας των τιμών των δεδομένων για κάθε δεδομένο που χρησιμοποιείται (π.χ. διακύμανση).
- πληρότητα: το ποσοστό της ροής που μετράται ή εκτιμάται.
- αντιπροσωπευτικότητα: ποιοτική αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο τα δεδομένα αντικατοπτρίζουν τον πραγματικό πληθυσμό ενδιαφέροντος (δηλ. γεωγραφική κάλυψη, χρονική περίοδος και τεχνολογική κάλυψη).
- συνέπεια: ποιοτική αξιολόγηση του κατά πόσον η μεθοδολογία της μελέτης εφαρμόζεται ομοιόμορφα στις διάφορες συνιστώσες της ανάλυσης.

- επαναληψιμότητα: ποιοτική αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο η πληροφορία σχετικά με τη μεθοδολογία και τις τιμές των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν θα επιτρέψει σε κάποιον που επιθυμεί να διεξάγει ΑΚΖ να αναπαραγάγει τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη μελέτη.
- αβεβαιότητα της πληροφορίας (π.χ. δεδομένα, μοντέλα και παραδοχές).

2.3.2 Ανάλυση απογραφής δεδομένων (Life cycle inventory analysis)

Το στάδιο της ανάλυσης απογραφής δεδομένων περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων και τις διαδικασίες υπολογισμού για την ποσοτικοποίηση των εισροών κι εκροών ενός συστήματος προϊόντος (product system). Οι εισροές και εκροές μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση πόρων και τις εκπομπές ρύπων, σε αέρα, νερό και έδαφος, που σχετίζονται με το υπό μελέτη σύστημα.

Τα ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα που θα συμπεριληφθούν στη λίστα της απογραφής για την ΑΚΖ πρέπει να συλλέγονται για κάθε μεμονωμένη διεργασία που εντοπίζεται εντός των ορίων του υπό μελέτη συστήματος.

Η συλλογή δεδομένων μπορεί να είναι μια δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία. Πρακτικοί περιορισμοί που σχετίζονται με την συλλογή δεδομένων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο πλαίσιο της μελέτης και να τεκμηριώνονται στην γραπτή αναφορά της.

2.3.3 Εκτίμηση των επιπτώσεων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής

2.3.3.1 Γενική μέθοδος υπολογισμού

Το στάδιο εκτίμησης των επιπτώσεων σε μια ΑΚΖ αποσκοπεί στην αξιολόγηση της σημασίας πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προσδιορίζονται κατά το στάδιο της ανάλυσης απογραφής δεδομένων. Γενικά, η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων του σταδίου ανάλυσης απογραφής δεδομένων με συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και συνίσταται από δύο κατηγορίες στοιχείων:

- Τα υποχρεωτικά στοιχεία, όπως η κατηγοριοποίηση και ο χαρακτηρισμός.
- Τα προαιρετικά στοιχεία, όπως η κανονικοποίηση, η κατάταξη, η ομαδοποίηση και η στάθμιση.

Η κατηγοριοποίηση προϋποθέτει την επιλογή κατάλληλων κατηγοριών επιπτώσεων, σύμφωνα με τον σκοπό της μελέτης, και την εκχώρηση των αποτελεσμάτων του σταδίου ανάλυσης απογραφής (LCI results) στις κατηγορίες επιπτώσεων που έχουν επιλεγεί. Έπειτα χρησιμοποιούνται οι συντελεστές χαρακτηρισμού οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τη σχετική συνεισφορά ενός LCI result στη κατηγορία επιπτώσεων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή οι κατηγορίες

επιπτώσεων είναι γραμμικές συναρτήσεις, δηλ. οι συντελεστές χαρακτηρισμού είναι ανεξάρτητοι από το μέγεθος της περιβαλλοντικής παρέμβασης, όπως φαίνεται στην εξίσωση 2.1:

$$impact_{cat} = \sum_i m_i \times charact_factor_{cat,i}$$

Εξ. (2.1)

Όπου m_i η μάζα της ροής i της απογραφής και $charact_factor_{cat,i}$ ο συντελεστής χαρακτηρισμού της ροής i για την κατηγορία επιπτώσεων.

Όσον αφορά στα προαιρετικά στοιχεία της ΑΚΖ, η κανονικοποίηση είναι συνήθως απαραίτητη για να δείξει σε ποιον βαθμό μία κατηγορία επιπτώσεων έχει σημαντική συνεισφορά στον συνολικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Κατά το στάδιο της στάθμισης, στα κανονικοποιημένα αποτελέσματα για κάθε κατηγορία επιπτώσεων αποδίδονται αριθμητικοί παράγοντες ανάλογοι της σημασίας τους. Η στάθμιση δεν βασίζεται σε φυσική επιστήμη, αλλά σε επιλογή κατάλληλων τιμών. Κατ' επέκταση το πρότυπο ISO 14044 αναφέρει ότι αν τα αποτελέσματα της ΑΚΖ πρόκειται να συγκριθούν και να παρουσιαστούν δημόσια, τότε το στάδιο της στάθμισης δεν πρέπει να εφαρμοστεί.

Η ομαδοποίηση αποτελεί ένα άλλο προαιρετικό βήμα της αξιολόγησης του κύκλου ζωής στο οποίο οι διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων συγκεντρώνονται σε ένα ή περισσότερα ευρέα σύνολα. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14044, δύο είναι οι πιθανές διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν: αναγωγή των κατηγοριών επιπτώσεων σε μια ονομαστική βάση και ιεραρχική κατάταξη αυτών.

Το παρόν έγγραφο επικεντρώνεται στα υποχρεωτικά στάδια της ΑΚΖ, συνεπώς δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά στα προαιρετικά στοιχεία που παρατέθηκαν πιο πάνω.

2.3.3.2 Υπολογισμός πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Είναι προφανές ότι ο κύριος στόχος της ΑΚΖ είναι η αξιολόγηση πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με εισροές κι εκροές. Στις επόμενες παραγράφους παρατίθεται μία σύντομη εισαγωγή στις πιο κοινές περιβαλλοντικές κατηγορίες που συναντώνται σε ΑΚΖ, μαζί με την αντίστοιχη μέθοδο υπολογισμού που υιοθετήθηκε στην απλουστευμένη προσέγγιση που περιγράφεται στο έγγραφο αυτό.

2.3.3.2.1 Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP)

Το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου», που αναπαρίσταται στην Εικ.2.4 οφείλεται σε υπέρυθρα ενεργά αέρια (IR), τα οποία υπάρχουν εκ φύσεως στην ατμόσφαιρα της Γης (όπως για παράδειγμα H_2O , CO_2 και O_3) και απορροφούν την επίγεια (υπέρυθρη) ενέργεια (ή ακτινοβολία) που εγκαταλείπει τη Γη, ενώ ανακλούν μέρος αυτής της θερμότητας πίσω στη Γη, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της θερμότητας στην επιφάνεια της Γης και στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα.

Η συγκέντρωση των αερίων αυτών, γνωστά και ως Αέρια Θερμοκηπίου (GHG), έχει αυξηθεί από τη βιομηχανική εποχή κι ενισχύει το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου της Γης προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνειά της, ενώ παράλληλα αυξάνονται και οι ανησυχίες για πιθανή κλιματική αλλαγή.



Εικ. 2.4: Φαινόμενο Θερμοκηπίου (EPS, 2009)

Δεν είναι όλα τα Αέρια Θερμοκηπίου ομοειδή. Παρόλο που το CO_2 είναι το πιο διαδεδομένο αέριο που ενδημεί παντού, υπάρχει ένας αριθμός άλλων αερίων τα οποία συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή με τον ίδιο τρόπο όπως και το CO_2 . Η επίδραση διαφορετικών Αερίων Θερμοκηπίου εκφράζεται μέσω του μεγέθους του Δυναμικού Θέρμανσης του πλανήτη (GWP).

Το Δυναμικό Θέρμανσης του πλανήτη είναι ένα σχετικό μέτρο της συνεισφοράς που έχει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου η εκπομπή μίας μονάδας ενός αερίου του θερμοκηπίου σε σχέση με μία μονάδα του αερίου αναφοράς, δηλ. $1kg\ CO_2$.

Τα GWPs υπολογίσθηκαν από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) για τρεις χρονικούς ορίζοντες των 20,100 και 500 ετών και αναφέρονται στον Πίνακα 2.1 για τρία από τα πιο σημαντικά αέρια θερμοκηπίου και για τους τρεις χρονικούς ορίζοντες.

Πίνακας 2.1 – GWPs για δεδομένους χρονικούς ορίζοντες. (σε kg CO₂ eq./kg) (IPCC, 2007)

	20 έτη	100 έτη	500 έτη
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	1	1	1
Μεθάνιο (CH ₄)	62	25	7
Υποξείδιο του Αζώτου (N ₂ O)	275	298	156

Ως εκ τούτου, σύμφωνα με τη σχέση (2.2), ο προσδιορισμός του δείκτη «Θέρμανση του Πλανήτη» προκύπτει από,

$$Global\ Warming = \sum_i GWP_i \times m_i$$

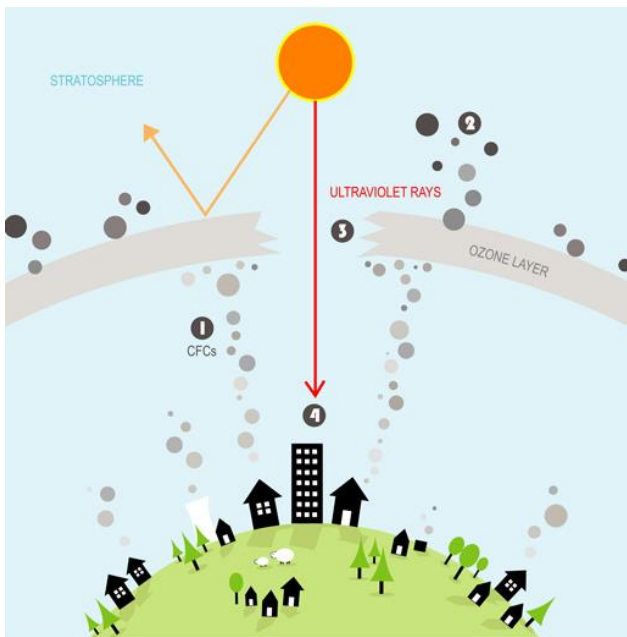
Εξ. (2.2)

όπου, m_i η μάζα της ουσίας i που απελευθερώνεται (σε kg). Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζεται σε ισοδύναμα kg CO₂.

Στην προσέγγιση που υιοθετήθηκε, λαμβάνεται υπόψη μόνο ο χρονικός ορίζοντας των 100 ετών.

2.3.3.2 Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος (ODP)

Τα αέρια καταστροφής του όζοντος προκαλούν ζημιά στο στρατοσφαιρικό όζον ή στιβάδα του όζοντος απελευθερώνοντας μόρια ελεύθερων ριζών τα οποία διασπούν το όζον (O₃).



Εικ. 2.5: Καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. (Blendspace, 2013)

Η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος μειώνει την ικανότητα του αερίου να εμποδίσει την διείσδυση της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα της γης, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό του καρκινογόνου UVB φωτός που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης.

Το γεγονός αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε προβλήματα υγείας όπως καρκίνος του δέρματος ή καταρράκτης, ενώ πλήττονται επίσης τα ζώα και οι καλλιέργειες.

Τα σημαντικότερα αέρια καταστροφής του όζοντος είναι

οι CFCs, οι HCFCs.

Ο μεγάλος προβληματισμός τη δεκαετία του '80 σε παγκόσμιο επίπεδο οδήγησε σε προσπάθειες περιορισμού της καταστροφής της στιβάδας του όζοντος, με αποκορύφωμα το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, το οποίο και απαγόρευσε πολλά από τα αέρια του πλήττουν το όζον.

Το Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος (ODP) εκφράζεται ως η συνολική απώλεια όζοντος εξαιτίας μίας ουσίας σε σχέση με την συνολική απώλεια όζοντος εξαιτίας της ουσίας αναφοράς CFC-11. Αυτό δίνει στο ODP μια μονάδα αναφοράς του 1kg χλωροφθορανθράκων-11 (CFC-11) ισοδύναμων. Το μοντέλο χαρακτηρισμού αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO) και ορίζει το δυναμικό καταστροφής του όζοντος διαφορετικών αερίων. Ως εκ τούτου, υποθέτοντας σταθερές συνθήκες, στον Πίνακα 2.2 αναφέρονται OPDs για επιλεγμένες ουσίες (Heijungs et al., 1999).

Πίνακας 2.2 – OPDs για ορισμένες ουσίες (σε kg CFC-11 eq./kg) (Heijungs et al., 1999)

	Σταθερές συνθήκες (t ≈:)
CFC-11	1
CFC-10	1.2
Halon 1211	6.0
Halon 1301	12.0

Έτσι, ο προσδιορισμός του δείκτη «Καταστροφής του Όζοντος» προκύπτει από,

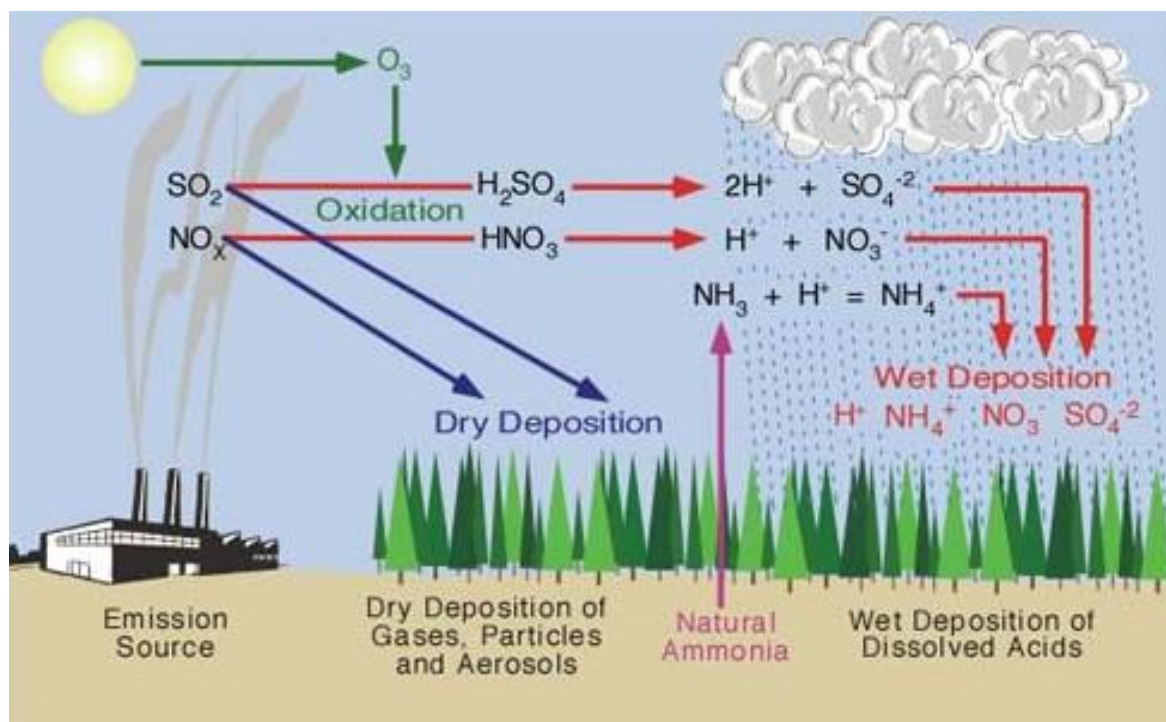
$$Ozone\ Depletion = \sum_i ODP_i \times m_i$$

Εξ. (2.3)

όπου, m_i η μάζα της ουσίας i που απελευθερώνεται (σε kg). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε *kg CFC-11 ισοδύναμων*.

2.3.3.2.3 Δυναμικό Οξίνισης Ομβρίων Υδάτων (AP)

Η οξίνιση είναι η διαδικασία όπου ρυπαντές της ατμόσφαιρας όπως αμμωνία (NH₃), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x), μετατρέπονται σε όξινες ουσίες, όπως φαίνεται στην Εικ.2.6. Οι ενώσεις που προκαλούν οξίνιση απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, μεταφέρονται με τον άνεμο και διατηρούνται με τη μορφή όξινων σωματιδίων ή όξινης βροχής ή χιονιού. Όταν η βροχή αυτή πέφτει (συνήθως σε κάποια αξιόλογη απόσταση από την πηγή εκπομπής των ρύπων) προκαλεί καταστροφή του οικοσυστήματος ποικίλων βαθμών, ανάλογα τη φύση του οικοσυστήματος.



Εικ. 2.6: Δυναμικό οξίνισης (The energy library, 2013)

Το Δυναμικό Οξίνισης Ομβρίων Υδάτων μετρίεται με βάση την ικανότητα μιας ουσίας να απελευθερώνει κατιόντα H^+ , τα οποία είναι η βασική αιτία για το φαινόμενο της οξίνισης ή μπορεί να μετρηθεί σε σχέση με μια ισοδύναμη εκπομπή SO_2 .

Οι συντελεστές χαρακτηρισμού που υιοθετήθηκαν στην παρούσα εργασία βασίζονται στο μοντέλο RAINS-LCA, το οποίο λαμβάνει υπόψη την συμπεριφορά του εκλυόμενου ρύπου, τα αποθέματα των ρύπων και τις επιπτώσεις (Huijbregts, 2001). Οι μέσοι ευρωπαϊκοί συντελεστές χαρακτηρισμού για την οξίνιση παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3 – Δυναμικό Οξίνισης Ομβρίων Υδάτων (σε $kg SO_2 eq.$) (Huijbregts, 2001)

	Αμμωνία (NH_3)	Οξείδια του Αζώτου (NO_x)	Διοξείδιο του Θείου (SO_2)
APi	1.60	0.50	1.20

Έτσι, ο προσδιορισμός του δείκτη «Οξίνισης» δίνεται από,

$$Acidification = \sum_i AP_i \times m_i$$

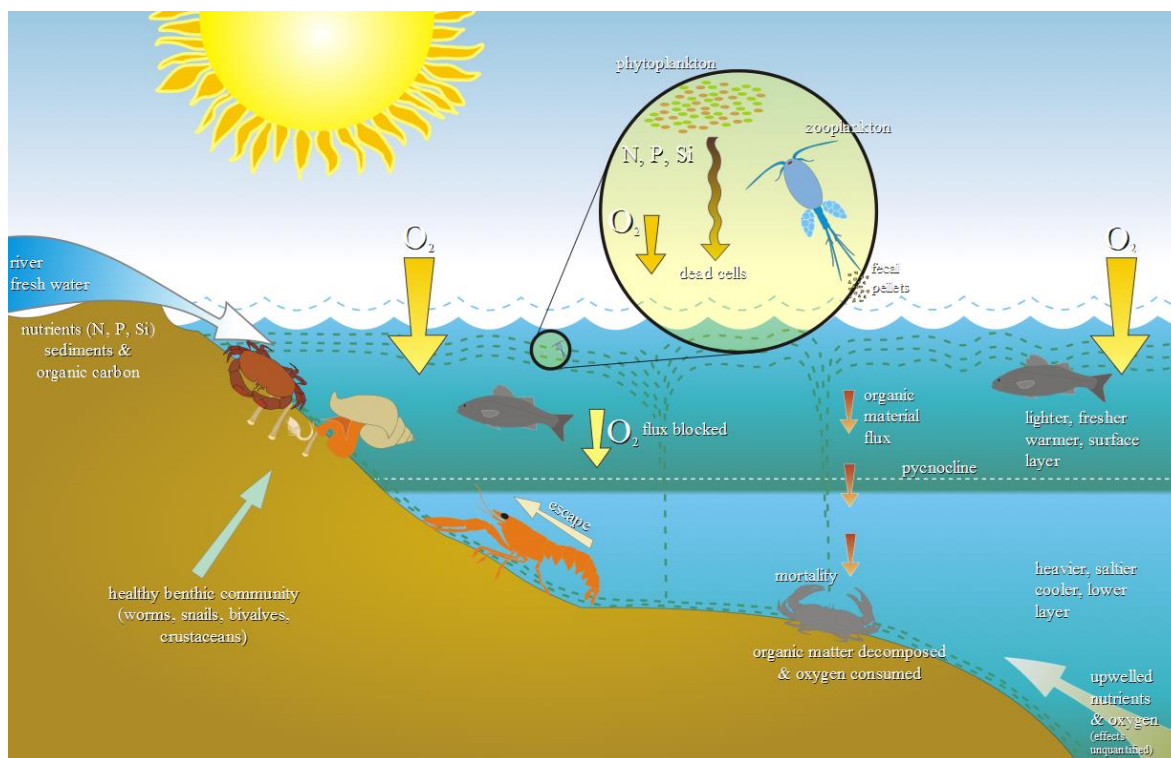
Εξ. (2.4)

όπου m_i η μάζα της ουσίας i που απελευθερώνεται (σε kg). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε $kg SO_2$ ισοδύναμων.

2.3.3.2.4 Δυναμικό Ευτροφισμού (ΕΡ)

Τα ιχνοστοιχεία, όπως τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα, προστίθενται στο χώμα μέσω λιπασμάτων προκειμένου να τονώσουν την ανάπτυξη φυτών και γεωργικών προϊόντων. Αυτά τα ιχνοστοιχεία να μεν είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών, αλλά όταν αυτά καταλήξουν σε νερό ή έδαφος, αυτό το φαινόμενο της ακούσιας λίπανση είναι πιθανό να οδηγήσει σε υπερπαραγωγή φυτών και άλγους, τα οποία με τη σειρά τους μπορεί να εξαφανίσουν άλλους οργανισμούς όταν πεθάνουν και αρχίσει η αποσύνθεσή τους. Κατά συνέπεια, ο Ευτροφισμός ή αλλιώς ο εμπλουτισμός με ιχνοστοιχεία, που απεικονίζεται στην Εικ. 2.7, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ο υπερβολικός εμπλουτισμός των υδάτινων ρευμάτων. Η εμφάνισή του μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή των οικοσυστημάτων, σε αύξηση της θνησιμότητας της υδρόβιας πανίδας και χλωρίδας και σε εξαφάνιση των ειδών που εξαρτώνται από περιβάλλοντα χαμηλής περιεκτικότητας σε ιχνοστοιχεία. Αυτό επιφέρει ολική μείωση στη βιοποικιλότητα των εν λόγω περιβαλλόντων, ενώ προκαλεί αλυσιδωτές επιπτώσεις σε μη υδρόβια ζώα και στους ανθρώπους οι οποίοι βασίζονται σε αυτά τα οικοσυστήματα.

Ο Ευτροφισμός μετριέται χρησιμοποιώντας την μονάδα αναφοράς 1 kg αζώτου ή φωσφόρου ισοδύναμων. Ως εκ τούτου, είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίο μία ουσία στο νερό προκαλεί τον πολλαπλασιασμό του άλγους, με το άζωτο ή τον φωσφόρο να είναι ουσίες αναφοράς. Οι βασικές ουσίες που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του ευτροφισμού είναι τα αζωτούχες ενώσεις όπως τα νιτρικά άλατα, η αμμωνία, το νιτρικό οξύ κι ενώσεις φωσφόρου συμπεριλαμβανομένων των φωσφορικών αλάτων και του φωσφορικού οξέος.



Εικ. 2.7: Δυναμικό Ευτροφισμού (Wikipedia, 2013a)

Λαμβάνοντας τον φώσφορο ως ουσία αναφοράς, οι συντελεστές χαρακτηρισμού για επιλεγμένες ουσίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4 (Heijungs et al., 1999).

Πίνακας 2.4 – Δυναμικό Ευτροφισμού (σε kgPO_4^{3-} eq.) (Heijungs et al., 1999)

	Αμμωνία (NH_3)	Οξείδιο του αζώτου (NO_x)	Νιτρικό άλας (N)	Φωσφορικό άλας (P)
EPi	0.35	0.13	0.10	1.00

Έτσι, ο δείκτης ευτροφισμού δίνεται από,

$$Eutrofication = \sum_i EP_i \times m_i$$

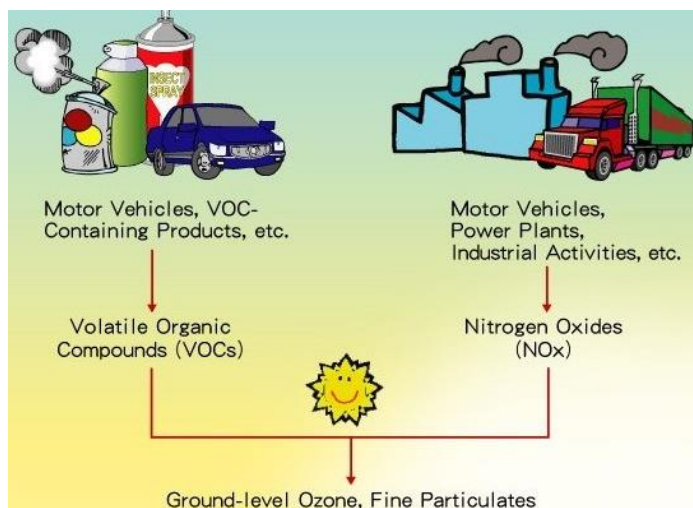
Εξ. (2.5)

όπου, m_i (kg) είναι η μάζα της ουσίας i που απελευθερώνεται στον αέρα, το νερό ή το έδαφος. Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε kg PO_4^{3-} ισοδύναμων.

2.3.3.2.5 Δυναμικό Φωτοχημικής Δημιουργίας Όζοντος (POCP)

Σε ατμόσφαιρες που περιέχουν οξείδια του αζώτου (NO_x), ο οποίος είναι ένας κοινός ρύπος, και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), όζον και άλλοι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορούν να δημιουργηθούν με την παρουσία του ηλιακού

φωτός. Αν και η παρουσία του όζοντος είναι κρίσιμη στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα για την προστασία από την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, το όζον των χαμηλότερων στρωμάτων επιδρά αρνητικά σε διάφορους τομείς και προκαλεί από καταστροφή των καλλιεργειών μέχρι και αυξημένη συχνότητα εμφάνισης άσθματος και άλλες αναπνευστικές παθήσεις.



Εικ. 2.8: Δυναμικό Φωτοχημικής Δημιουργίας Όζοντος (EPD, 2013)

Η πιο κοινή εκδήλωση των επιπτώσεων των υψηλών επιπέδων αερίων που συνεισφέρουν στη Φωτοχημική δημιουργία του όζοντος είναι το καλοκαιρινό νέφος που παρατηρείται πάνω από μεγάλες πόλεις όπως το Los Angeles ή το Πεκίνο. Η κύρια πηγή των εκπομπών NO_x είναι η καύση καυσίμων, ενώ οι VOCs εκπέμπονται κυρίως από τους διαλύτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε χρώματα κι επιχρίσματα.

Η POCP κατηγορία επιπτώσεων αποτελεί ένα μέτρο της σχετικής ικανότητας μιας ουσίας να παράγει όζον με παρουσία NO_x και ηλιακού φωτός. Το POCP εκφράζεται χρησιμοποιώντας ως ουσία αναφοράς το αιθυλένιο. Οι συντελεστές χαρακτηρισμού για το POCP έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας το μοντέλο τροχιάς της Οικονομικής Επιτροπής Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE). Τα Δυναμικά Φωτοχημικής Δημιουργίας Όζοντος υπολογίστηκαν για δύο σενάρια (Heijungs et al., 1999):

- (i) Ένα σενάριο με σχετικά υψηλή συγκέντρωση υποβάθρου NO_x.
- (ii) Ένα σενάριο με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση υποβάθρου NO_x.

Αυτοί οι δύο συντελεστές χαρακτηρισμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.5 για κάποιες επιλεγμένες ουσίες.

Πίνακας 2.5 – POCPs για διαφορετικές συγκεντρώσεις NO_x και για ορισμένες ουσίες (σε kg C₂H₄ eq./kg) (Heijungs et al., 1999)

	Υψηλής περιεκτικότητας- NO _x POCPs	Χαμηλής περιεκτικότητας- NO _x POCPs
Ακεταλδεύδη (CH ₃ CHO)	0.641	0.200

Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	0.352	0.500
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0.027	0.040
Αιθύνιο (C ₂ H ₂)	0.085	0.400
Μεθάνιο (CH ₄)	0.006	0.007
Οξείδια του Αζώτου (NO _x)	0.028	no data
Προπένιο (C ₃ H ₆)	1.123	0.600
Οξείδια του Θείου (SO _x)	0.048	no data
Τολουόλιο (C ₆ H ₅ CH ₃)	0.637	0.500

Έτσι, ο προσδιορισμός του δείκτη σχηματισμού Φωτο-οξειδωτικών δίνεται από,

$$Photo-oxidant\ formation = \sum_i POCP_i \times m_i$$

Εξ. (2.6)

όπου, m_i η μάζα της ουσίας i που απελευθερώνεται (σε kg). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε *kg αιθυλενίου (C₂H₄) ισοδύναμων*.

Στην προσέγγιση που υιοθετήθηκε, μόνο οι συντελεστές χαρακτηρισμού που σχετίζονται με το σενάριο υψηλής συγκέντρωσης υποβάθρου NO_x λαμβάνονται υπόψη.

2.3.3.2.6 Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων

Οι δείκτες Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων αποσκοπούν στο να συλλαμβάνουν την φθίνουσα διαθεσιμότητα των μη ανανεώσιμων πόρων, γεγονός το οποίο απορρέει από την εξόρυξή τους και την σπανιότητά τους. Δύο είδη δεικτών λαμβάνονται υπόψη εδώ:

- Η Εξάντληση Αβιοτικών Στοιχείων, που αναφέρεται στην εξόρυξη σπάνιων στοιχείων (και των ορυκτών τους).
- Η Εξάντληση Αβιοτικών Ενεργειακών Πόρων/ Ορυκτών Καυσίμων, που αναφέρεται στη χρήση ορυκτών καυσίμων ως καύσιμα ή ως πρώτη ύλη.

Το Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Στοιχείων (ADP_{elements}) καθορίζεται για κάθε εξόρυξη των στοιχείων με βάση τα εναπομείναντα αποθέματα και τον ρυθμό εξόρυξης. Το ADP βασίζεται στην σχέση Παραγωγή/Τελικό Απόθεμα, η οποία συγκρίνεται με τον πόρο αναφοράς, το Αντιμόνιο (Sb) (Guinée et al., 2002). (Guinée et al., 2002). Διαφορετικά μέτρα χρησιμοποιούν το οικονομικό ή τελικό απόθεμα εντός του φλοιού της γης.



Εικ. 2.9: Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων (Wikipedia, 2013b)

Ως εκ τούτου, το Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων (Στοιχεία) του πόρου i (ADP_i) δίνεται από την αναλογία μεταξύ των πόρων που εξορύχθηκαν και των ανακτήσιμων αποθεμάτων αυτού του πόρου, εκπεφρασμένη σε kg του πόρου αναφοράς (Αντιμόνιο), και οι συντελεστές χαρακτηρισμού για επιλεγμένους πόρους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6 – Δυναμικά Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων για ορισμένα στοιχεία (σε Sb eq./kg)
(Guinée et al., 2002)

Πόρος	ADP στοιχείου
Αλουμίνιο	1.09E-09
Κάδμιο	1.57E-01
Χαλκός	1.37E-03
Σίδηρος	5.24E-08
Μόλυβδος	6.34E-03

Έτσι, ο καθορισμός του δείκτη Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων (Στοιχείων) δίνεται από,

$$Abiotic\ Depletion = \sum_i ADP_i \times m_i$$

Εξ. (2.7)

όπου, m_i η ποσότητα του πόρου i που εξορύχθηκε (σε kg). Ο δείκτης αυτός εκφράζεται σε kg αντιμονίου (πόρος αναφοράς).

Τα ορυκτά καύσιμα είχαν μετρηθεί αρχικά με τον ίδιο τρόπο, αλλά από το 2010 έχουν υπολογισθεί λίγο διαφορετικά. Στην περίπτωση αυτή λαμβάνεται υπόψη ένα απόλυτο μέτρο, το οποίο βασίζεται στο ενεργειακό περιεχόμενο του ορυκτού καυσίμου (Guinée et al., 2002). Το μέτρο αυτό δεν λαμβάνει υπόψη τη σχετική σπανιότητα διαφορετικών ορυκτών καυσίμων, καθώς τα ορυκτά καύσιμα είναι ευρέως μεταβιβάσιμοι πόροι, αλλά στην πραγματικότητα αυτά κινούνται κατά 17% μεταξύ του άνθρακα (το πιο κοινό ορυκτό καύσιμο) και του φυσικού αερίου (το πιο σπάνιο καύσιμο). Ο Δείκτης Εξάντλησης Αβιοτικών Καυσίμων εκφράζεται σε MJ.

2.3.4 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων του κύκλου Ζωής

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, το τελευταίο βήμα της ΑΚΖ, είναι το στάδιο στο οποίο συνδυάζονται οι διαπιστώσεις από την ανάλυση απογραφής δεδομένων και τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση των επιπτώσεων. Ο βασικός στόχος του συγκεκριμένου σταδίου είναι η διατύπωση των συμπερασμάτων τα οποία απορρέουν από τα αποτελέσματα μιας ΑΚΖ. Επιπλέον, πρέπει να αναλυθούν τα αποτελέσματα προηγούμενων σταδίων της ΑΚΖ και οι επιλογές που πραγματοποιήθηκαν καθ'όλη τη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, οι παραδοχές, τα μοντέλα, οι παράμετροι και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ΑΚΖ πρέπει να συνάδουν με τον σκοπό και το πλαίσιο της μελέτης.

2.3.5 Χαρακτηριστικό παράδειγμα

Προκειμένου να τονισθούν τα διαφορετικά στάδια της αξιολόγησης του κύκλου ζωής που περιγράφηκαν σε προηγούμενες παραγράφους, παρατίθεται εδώ ένα μικρό παράδειγμα.

Γίνεται η υπόθεση ότι για την παραγωγή 1 kg ενός γενικού μονωτικού υλικού, κατά το στάδιο της απογραφής δεδομένων, συγκεντρώθηκαν οι παρακάτω εκπομπές, όπως αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.7:

Πίνακας 2.7 – Εκπομπές που συγκεντρώθηκαν από την παραγωγή 1 kg ενός μονωτικού υλικού.

Εκπομπές	Τιμή (σε kg)
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0.12
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	0.60
Αμμωνία (NH ₃)	0.01
Μεθάνιο (CH ₄)	0.05
Οξείδια του Αζώτου (NO _x)	1.02
Φώσφορος (P)	0.35
Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	0.10

Κατά το επόμενο στάδιο της αξιολόγησης των επιπτώσεων, οι κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιλέχθηκαν, για παράδειγμα, είναι:

- (i) Δυναμικό Θέρμανσης του πλανήτη (GWP),
- (ii) Δυναμικό Οξίνισης Ομβρίων Υδάτων (AP),
- (iii) Δυναμικό Ευτροφισμού (EP).

Οι συντελεστές χαρακτηρισμού κάθε εκπομπής κάθε περιβαλλοντικής κατηγορίας παρέχονται στον Πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.8 – Συντελεστές χαρακτηρισμού για επιλεγμένες περιβαλλοντικές κατηγορίες

	GWP	AP	EP
	(kg CO ₂ eq.)	(kg SO ₂ eq.)	(kg PO ₄ - eq.)
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	1.53	-	-
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	1.00	-	-
Αμμωνία (NH ₃)	-	1.60	0.35
Μεθάνιο (CH ₄)	25.00	-	-
Οξείδια του Αζώτου (NO _x)	-	0.50	0.13
Φώσφορος (P)	-	-	3.06
Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	-	1.20	-

Έτσι, τα αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντική κατηγορία λαμβάνονται από το προϊόν κάθε εκπομπής που συνεισφέρει, με τον αντίστοιχο συντελεστή χαρακτηρισμού (π.χ. για το GWP: $0.12 \times 1.53 + 0.60 \times 1.00 + 0.05 \times 23 = 1.93$ kg CO₂ eq.), οδηγώντας στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.9.

Πίνακας 2.9 – Τελικά αποτελέσματα από τους επιλεγμένους περιβαλλοντικούς δείκτες.

GWP (kg CO ₂ eq.)	AP (kg SO ₂ eq.)	EP (kg PO ₄ - eq.)
1.93	0.65	1.21

2.4 Ευρωπαϊκά πρότυπα για την ανάλυση κύκλου ζωής κτιρίων

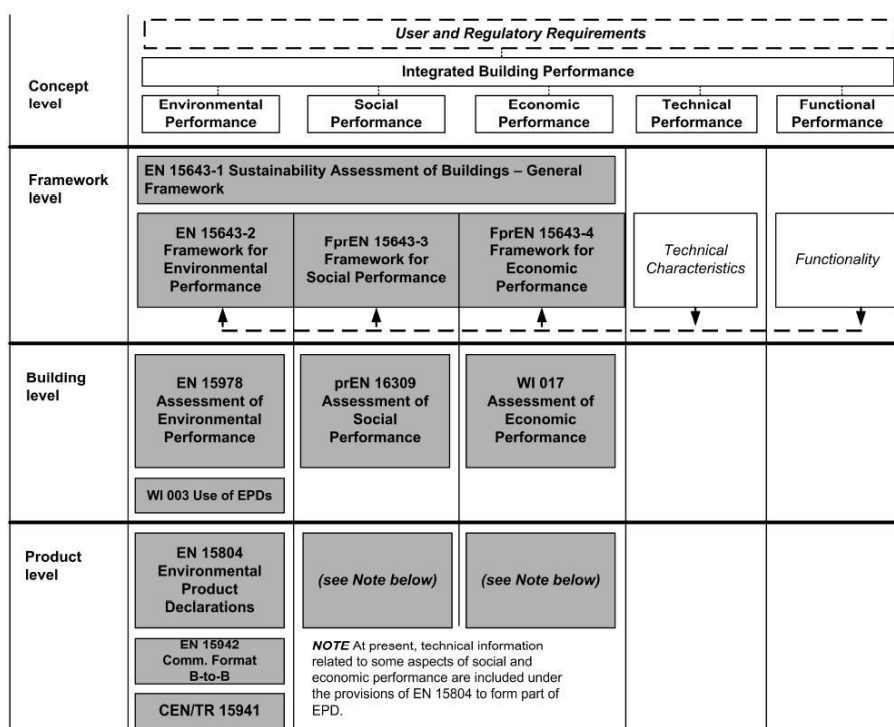
2.4.1 CEN TC350

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) έλαβε εντολή το 2004 για την ανάπτυξη οριζόντιων τυποποιημένων μεθόδων για την αξιολόγηση της ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων.

Η CEN TC350 επέκτεινε την εντολή αυτή στην αειφορία κι επέλεξε μία προσέγγιση κύκλου ζωής ως βάση για όλες τις αξιολογήσεις. Έτσι, η TC αναπτύσσει πρότυπα,

τεχνικές αναφορές και τεχνικές προδιαγραφές με σκοπό την παροχή μεθοδολογίας και δεικτών για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας των κτιρίων.

Το κανονιστικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας κτιρίων, που παρέχεται από την σειρά προτύπων CEN-TC 350, καλύπτει περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές πτυχές (EN 15643-1, 2010), όπως απεικονίζεται στην Εικ. 2.10.



Εικ. 2.10: Πρόγραμμα εργασιών της CEN TC350 (EN 15643-1, 2010)

Όπως παρατηρείται από την Εικ. 2.10, η TC εργάζεται σε τέσσερα επίπεδα (γενική έννοια/ πλαίσιο/ κτίριο/ υλικό) και σε πέντε τύπους απόδοσης (περιβαλλοντική/ κοινωνική/ οικονομική/ τεχνική/ λειτουργική). Η περιβαλλοντική αξιολόγηση είναι η πιο εξελιγμένη πτυχή, με πρότυπα ανεπτυγμένα σε επίπεδο κτιρίου και υλικού.

Η περιβαλλοντική προσέγγιση κύκλου ζωής που υιοθετήθηκε στο συγκεκριμένο πρόγραμμα ακολουθεί δύο πρότυπα αφιερωμένα στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κτιρίων: το EN 15978 (2011) και το EN 15804 (2012), για επίπεδο κτιρίου και υλικών, αντίστοιχα.

2.4.2 Επίπεδο κτιρίου (EN 15978)

Το EN 15978 (2011) παρέχει κανόνες υπολογισμού για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης νέων και υπαρχόντων κτιρίων βασισμένων σε προσέγγιση κύκλου ζωής. Έχει σκοπό να υποστηρίξει τη διαδικασία λήψης

απόφασης και την τεκμηρίωση της αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης κτιρίου.

Για μια πλήρη επισκόπηση της μεθοδολογίας, αναφέρεται η ανάγνωση του προτύπου. Το συγκεκριμένο τμήμα εστιάζει στις ακόλουθες βασικές πτυχές: λειτουργικό ισοδύναμο, στάδια κύκλου ζωής και περιβαλλοντικοί δείκτες.

2.4.2.1 Λειτουργικό Ισοδύναμο

Το λειτουργικό ισοδύναμο ορίζεται από το πρότυπο ως «οι ποσοτικοποιημένες λειτουργικές απαιτήσεις και/ή τεχνικές απαιτήσεις για ένα κτίριο ή για ένα συναρμολογημένο σύστημα (μέρος του έργου) για χρήση ως βάση σύγκρισης». Ως εκ τούτου, η σύγκριση μεταξύ κτιρίων ή συστημάτων θα είναι αποδεκτή με τον όρο ότι οι παρεχόμενες λειτουργίες είναι ίδιες. Τουλάχιστον οι ακόλουθες πτυχές πρέπει να περιλαμβάνονται στο λειτουργικό ισοδύναμο ενός κτιρίου:

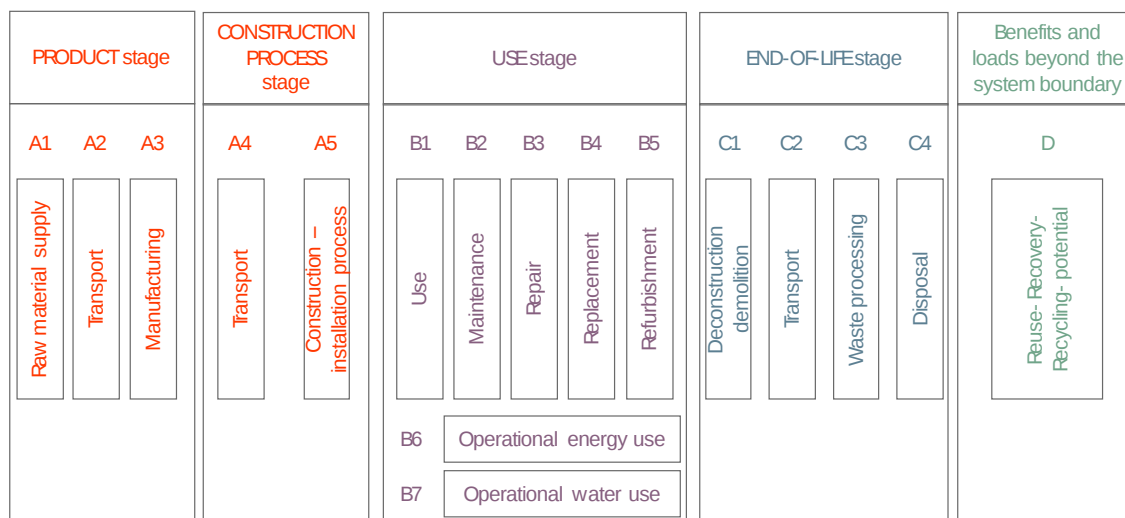
- (i) Τυπολογία κτιρίου (π.χ. κατοικία, γραφείο, κ.λπ.)
- (ii) Τρόπος χρήσης
- (iii) Σχετικές τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις, και
- (iv) Απαιτούμενη διάρκεια ζωής.

2.4.2.2 Στάδια του Κύκλου Ζωής

Τα όρια του εξεταζόμενου συστήματος καθορίζουν το πεδίο της ανάλυσης κύκλου ζωής, δηλαδή προσδιορίζουν τις διεργασίες που θα ληφθούν υπόψη στην ανάλυση. Όπως αναφέρεται στο πρότυπο, η περιβαλλοντική αξιολόγηση «περιλαμβάνει όλες τις ανάντη και κατάντη διεργασίες που χρειάζονται για τη δημιουργία και διατήρηση της(ων) λειτουργίας(ών) του κτιρίου».

Προφανώς, για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης σε κτιριακό επίπεδο απαιτούνται πληροφορίες που σχετίζονται με τα προϊόντα που ενσωματώνονται στο κτίριο. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να συνάδουν, και κατά συνέπεια να ακολουθούν τους κανόνες που ορίζονται στο EN 15804 (βλέπε επόμενη υποενότητα).

Στο παρόν πρότυπο, ο κύκλος ζωής ενός κτιρίου αναπαρίσταται από μια σπονδυλωτή μορφή, όπως απεικονίζεται στην Εικ. 2.11.



Εικ. 2.11: Φάσεις του κύκλου ζωής ενός κτιρίου. (EN 15978, 2011)

Το στάδιο της παραγωγής περιλαμβάνει τις φάσεις A1 έως A3, το στάδιο της κατασκευής τις φάσεις A4 και A5, το στάδιο χρήσης τις φάσεις B1 έως B7 και το στάδιο λήξης της ωφέλιμης ζωής του κτιρίου περιλαμβάνει τις φάσεις C1 έως C4, και τη φάση D η οποία περιλαμβάνει τα οφέλη και τα φορτία πέρα από τα όρια του συστήματος. Στις επόμενες παραγράφους παρατίθεται μία σύντομη περιγραφή κάθε σταδίου και παρέχονται οι αντίστοιχες φάσεις.

2.4.2.2.1 Στάδιο Προϊόντος

Το στάδιο προϊόντος περιλαμβάνει τις φάσεις A1 με A3. Το όριο του εξεταζόμενου συστήματος με τη φύση έχει τεθεί για να συμπεριληφθούν εκείνες οι διεργασίες που παρέχουν τις εισροές υλικών κι ενέργειας στο σύστημα, οι επακόλουθες διεργασίες κατασκευής και μεταφοράς έως την είσοδο του εργοστασίου, καθώς και οι διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων που προέρχονται από τις διεργασίες αυτές. Το συγκεκριμένο στάδιο περιλαμβάνει:

- ✓ A1 – Εξόρυξη κι επεξεργασία πρώτων υλών, επαναχρησιμοποίηση προϊόντων ή υλικών που προέρχονται από προηγούμενο στάδιο προϊόντος κι επεξεργασία δευτερογενών υλικών που χρησιμοποιούνται ως εισροή για την κατασκευή του προϊόντος.
- ✓ A2 – Μεταφορά έως την είσοδο του εργοστασίου κι εσωτερική μεταφορά.
- ✓ A3 – Παραγωγή πρόσθετων υλικών, κατασκευή προϊόντων και υπο-προϊόντων και κατασκευή της συσκευασίας.

2.4.2.2.2 Στάδιο Κατασκευής

Το στάδιο της κατασκευής περιλαμβάνει φάσεις για:

- ✓ A4 – Μεταφορά από την παραγωγή στο εργοτάξιο.
- ✓ A5 – Εγκατάσταση του προϊόντος στο κτίριο συμπεριλαμβάνοντας την κατασκευή και μεταφορά των πρόσθετων υλικών και της όποιας ποσότητας ενέργειας ή νερού απαιτείται για την εγκατάσταση ή λειτουργία του εργοταξίου. Περιλαμβάνονται επίσης και οι διεργασίες επιτόπου επεξεργασίας του προϊόντος.

2.4.2.2.3 Στάδιο Χρήσης

Το στάδιο χρήσης περιλαμβάνει δύο τύπους φάσεων. Φάσεις που σχετίζονται με την κατασκευή του κτιρίου (φάσεις B1-B5) και φάσεις που σχετίζονται με τη λειτουργία του κτιρίου (φάσεις B6-B7):

- ✓ B1 – Χρήση του εγκατεστημένου προϊόντος όσον αφορά στις εκπομπές στο περιβάλλον που προέρχονται από στοιχεία του κτιρίου και κατασκευαστικές εργασίες κατά την συνήθη (δηλ. Αναμενόμενη) χρήση.
- ✓ B2 – Η συντήρηση καλύπτει τον συνδυασμό όλων των προγραμματισμένων τεχνικών και σχετικών διοικητικών ενεργειών κατά τη διάρκεια ζωής προκειμένου να διατηρηθεί το προϊόν που εγκαταστάθηκε στο κτίριο σε μία κατάσταση στην οποία θα μπορεί να εκτελεί τις απαιτούμενες λειτουργικές και τεχνικές επιδόσεις του, καθώς και να διατηρεί τις αισθητικές ιδιότητές του.
- ✓ B3 – Η επισκευή καλύπτει τον συνδυασμό όλων των τεχνικών και σχετικών διοικητικών ενεργειών κατά τη διάρκεια ζωής που σχετίζονται με κατάλληλη διορθωτική επεξεργασία ή δραστικές ενέργειες επί του δομικού προϊόντος που εγκαταστάθηκε στο κτίριο ή μερών αυτού, προκειμένου το προϊόν να επανέλθει σε μια αποδεκτή κατάσταση ικανό να εκτελεί τις απαιτούμενες λειτουργικές και τεχνικές επιδόσεις του.
- ✓ B4 – Η αντικατάσταση καλύπτει τον συνδυασμό όλων των τεχνικών και σχετικών διοικητικών ενεργειών κατά τη διάρκεια ζωής που σχετίζονται με την επαναφορά ενός δομικού προϊόντος σε μία κατάσταση στην οποία να μπορεί να εκτελεί τις απαιτούμενες λειτουργικές και τεχνικές επιδόσεις του, με την αντικατάσταση ολόκληρου δομικού στοιχείου.
- ✓ B5 – Η ανανέωση καλύπτει τον συνδυασμό όλων των τεχνικών και σχετικών διοικητικών ενεργειών κατά τη διάρκεια ζωής που σχετίζονται με την επαναφορά ενός κτιρίου σε μία κατάσταση στην οποία να μπορεί να εκτελεί τις απαιτούμενες λειτουργικές και τεχνικές επιδόσεις του.
- ✓ B6 – Χρήση ενέργειας προκειμένου να λειτουργήσουν τα εγκατεστημένα στο κτίριο τεχνικά συστήματα, μαζί με τις συναφείς περιβαλλοντικές πτυχές κι επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των διεργασιών επεξεργασίας και μεταφοράς των αποβλήτων που προκύπτουν εντός της εγκατάστασης από την χρήση ενέργειας.

- ✓ B7 – Χρήση νερού προκειμένου να λειτουργήσουν τα εγκατεστημένα στο κτίριο τεχνικά συστήματα, μαζί με τις συναφείς περιβαλλοντικές πιυχές κι επιπτώσεις που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής του νερού, συμπεριλαμβανομένων των διεργασιών παραγωγής, μεταφοράς κι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

2.4.2.2.4 Στάδιο Λήξης της Ωφέλιμης Ζωής

Το στάδιο λήξης της ωφέλιμης ζωής του κτιρίου περιλαμβάνει όλες τις εκροές που έχουν επέλθει σε κατάσταση αποβλήτων, η οποία προκύπτει από τη διάλυση, αποδόμηση ή κατεδάφιση του κτιρίου. Το συγκεκριμένο στάδιο του κύκλου ζωής περιλαμβάνει τις εξής προαιρετικές φάσεις:

- ✓ C1 – Αποδόμηση, εννοώντας και διάλυση ή κατεδάφιση, του δομικού προϊόντος από το κτίριο, συμπεριλαμβανομένης και της αρχικής επιτόπου διαλογής των υλικών του.
- ✓ C2 – Μεταφορά του δομικού προϊόντος που έχει απορριφθεί ως μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας αποβλήτων, π.χ. σε εγκατάσταση με δυνατότητα ανακύκλωσης και μεταφορά των αποβλήτων π.χ. σε τελική διάθεση.
- ✓ C3 – Επεξεργασία αποβλήτων π.χ. συλλογή των κλασμάτων αποβλήτων από την αποδόμηση κι επεξεργασία των ρών υλικού που προορίζονται για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση κι ανάκτηση ενέργειας.
- ✓ C4 – Διάθεση αποβλήτων συμπεριλαμβανομένης της φυσικής προ-επεξεργασίας και διαχείρισης του χώρου διάθεσης.

2.4.2.2.5 Οφέλη και Φορτία πέρα από τα Όρια του Συστήματος

Η φάση D περιλαμβάνει όλα τα καθαρά οφέλη ή φορτία που απορρέουν από υλικά με δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, ανακυκλώσιμα υλικά και/ή φορείς ενέργειας που εγκαταλείπουν ένα σύστημα προϊόντος π.χ. ως δευτερογενή υλικά ή καύσιμα.

2.4.2.3 Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής

Για το στάδιο της αξιολόγησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής, δύο τύποι περιβαλλοντικών κατηγοριών λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με το EN 15978: περιβαλλοντικοί δείκτες που περιγράφουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις και περιβαλλοντικοί δείκτες που περιγράφουν εισροές κι εκροές. Στις ακόλουθες παραγράφους αναφέρονται και οι δύο τύποι δεικτών.

2.4.2.3.1 Δείκτες που περιγράφουν Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Έξι δείκτες παρέχονται για την περιγραφή των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον, οι οποίοι καταγράφονται στον Πίνακα 2.10.

Δείκτης	Μονάδα
Δυναμικό Θέρμανσης του πλανήτη, GWP	kg CO ₂ equiv
Δυναμικό Καταστροφής της Στιβάδας του Στρατοσφαιρικού όζοντος, ODP	kg CFC 11 equiv
Δυναμικό Οξίνισης γης και νερού, AP	kg SO ₂ ²⁻ equiv
Δυναμικό Ευτροφισμού, EP	kg (PO ₄) ³⁻ equiv
Δυναμικό Σχηματισμού Φωτοχημικών Οξειδωτικών του Τροποσφαιρικού Όζοντος, POCP	kg Ethene equiv
Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων για Στοιχεία, ADP_elements	kg Sb equiv
Δυναμικό Εξάντλησης Αβιοτικών Πόρων για Ορυκτά Καύσιμα, ADP_fossil fuels	MJ

Οι συγκεκριμένοι δείκτες έχουν ήδη παρουσιαστεί σε προηγούμενη ενότητα του παρόντος εγγράφου.

2.4.2.3.2 Δείκτες που περιγράφουν Εισροές και Εκροές

Πρόσθετοι δείκτες χρειάστηκαν για την περιγραφή των εισροών κι εκροών. Έτσι, οι δείκτες που περιγράφουν τη χρήση πόρων καταγράφονται στον Πίνακα 2.11. Οι δείκτες αυτοί περιγράφουν τη χρήση ανανεώσιμων και μη πρωτογενών ενεργειακών πόρων και νερού και υπολογίζονται άμεσα από τις εισροές του σταδίου απογραφής δεδομένων του κύκλου ζωής (LCI).

Πίνακας 2.11 – Δείκτες που περιγράφουν τη χρήση πόρων (EN15978)

Δείκτης	Μονάδα
Χρήση ανανεώσιμων πρωτογενών ενεργειακών πόρων εξαιρώντας τους ενεργειακούς πόρους που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη	MJ, net calorific value
Χρήση ανανεώσιμων πρωτογενών ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη	MJ, net calorific value
Χρήση μη-ανανεώσιμων πρωτογενών ενεργειακών πόρων εξαιρώντας τους πρωτογενείς ενεργειακούς πόρους που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη	MJ, net calorific value
Χρήση μη-ανανεώσιμων πρωτογενών ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη	MJ, net calorific value
Χρήση δευτερογενούς υλικού	kg
Χρήση ανανεώσιμων δευτερογενών καυσίμων	MJ
Χρήση μη-ανανεώσιμων δευτερογενών καυσίμων	MJ
Χρήση καθαρού φρέσκου νερού	m ³

Υπάρχουν επιπλέον δείκτες που περιγράφουν τις κατηγορίες αποβλήτων και τις εκροές του συστήματος, οι οποίοι στηρίζονται επίσης άμεσα στις εισροές του

σταδίου απογραφής δεδομένων του κύκλου ζωής. Οι δείκτες που περιγράφουν τις κατηγορίες αποβλήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.12, ενώ οι δείκτες που περιγράφουν τις εκροές στον Πίνακα 2.13. Επιπροσθέτως, για την ποσοτικοποίηση των συγκεκριμένων δεικτών, καθορίστηκαν σενάρια για τις κατάλληλες διεργασίες και στάδια.

Πίνακας 2.12 – Δείκτες που περιγράφουν τις κατηγορίες αποβλήτων (EN15978)

Δείκτης	Μονάδα
Επικίνδυνα απόβλητα προς διάθεση	kg
Ακίνδυνα απόβλητα προς διάθεση	kg
Ραδιενεργά απόβλητα προς διάθεση	kg

Πίνακας 2.13 – Δείκτες που περιγράφουν τις εκροές του συστήματος (EN15978)

Δείκτης	Μονάδα
Στοιχεία για επαναχρησιμοποίηση	kg
Υλικά προς ανακύκλωση	kg
Υλικά για ανάκτηση ενέργειας (χωρίς αποτέφρωση αποβλήτων)	kg
Εξαγόμενη ενέργεια	MJ για κάθε φορέα ενέργειας

2.4.3 Επίπεδο υλικού (EN 15804)

Σε επίπεδο υλικού, το πρότυπο EN 15804 καθορίζει τους κανόνες κατηγορίας προϊόντος για την ανάπτυξη των Περιβαλλοντικών Δηλώσεων Προϊόντος (EPD) των προϊόντων του τομέα δομικών κατασκευών. Οι Περιβαλλοντικές Δηλώσεις Προϊόντος είναι περιβαλλοντικές δηλώσεις Τύπου III (Type III) σύμφωνα με το ISO 14025 (2006) και συχνά αποτελούν αξιόλογη πηγή περιβαλλοντικών δεδομένων για ανάλυση κύκλου ζωής.

Μία EPD αποτελεί μία ειδική μορφή AKZ η οποία πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα καθορισμένο σύνολο Κανόνων Κατηγορίας Προϊόντων (PCR), όπως φαίνεται στην Εικ. 2.12. Πολλοί PCR μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προϊόντα του τομέα δομικών κατασκευών (CPA, 2012), αλλά μόνο οι EPD που ακολουθούν τους ίδιους PCR μπορούν να συγκριθούν.



Εικ. 2.12: Η EPD διαδικασία όπως αυτή περιγράφεται σε CPA (2012)

Ο στόχος του κοινού συνόλου κανόνων στο EN 15804 είναι να παράσχει στον αξιολογητή συνεπείς, συγκρίσιμες και αξιόπιστες πληροφορίες ούτως ώστε να επιτυγχάνεται συγκέντρωση σε επίπεδο κτιρίου.

Οι κανόνες υπολογισμού για την ΑΚΖ σε επίπεδο υλικού είναι παρόμοιες με αυτές που περιγράφηκαν προηγουμένως για επίπεδο κτιρίου. Το πλαίσιο μιας ΑΚΖ που διεξάγεται σε επίπεδο υλικού μπορεί να είναι το ίδιο με το πλαίσιο που περιγράφηκε για το επίπεδο κτιρίου (βλέπε Εικ. 2.11). Ωστόσο, μόνο η δήλωση του σταδίου προϊόντος (φάσεις Α1 με Α3) είναι υποχρεωτική στο EN 15804, ενώ η δήλωση άλλων σταδίων του κύκλου ζωής είναι προαιρετική.

Ομοίως, σε αυτό το πρότυπο η λειτουργική μονάδα παρέχει μία αναφορά βάσει της οποίας κανονικοποιούνται οι ροές υλικών των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ σχετικά με τα δομικά προϊόντα. Ωστόσο, σε αυτό το πρότυπο, παρέχεται μια επιπλέον μονάδα: η δηλούμενη μονάδα. Η δηλούμενη μονάδα μπορεί να χρησιμοποιείται αντί της λειτουργικής μονάδας όταν η λειτουργία του προϊόντος σε επίπεδο κτιρίου δεν ορίζεται ή είναι άγνωστη.

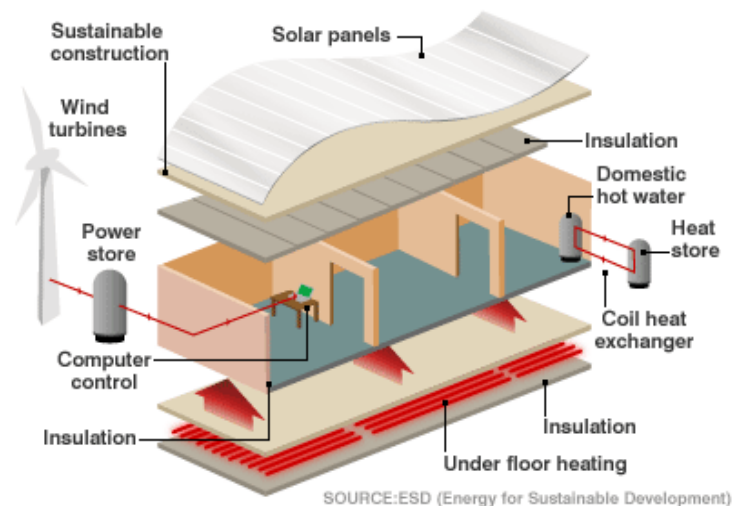
2.5 Άλλα πρότυπα και κανονισμοί (κυρίως για τη φάση λειτουργίας)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το EN15978 (2011) εκχωρεί όλες τις δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των πτυχών που σχετίζονται με το κτίριο καθ' όλο τον κύκλο ζωής του σε ένα σπονδυλωτό σύστημα (Εικ. 2.11). Σε αυτό το σύστημα, η φάση Β6 αντιστοιχεί στην ενέργεια λειτουργίας, δηλαδή στην ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται από τεχνικά συστήματα εγκατεστημένα στο κτίριο κατά το στάδιο λειτουργίας. Ως εκ τούτου, περιλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του χώρου, παροχή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ), αερισμό, φωτισμό και βοηθητικών πηγών ενέργειας για αντλίες, έλεγχο και αυτοματισμό. Ωστόσο, το EN15978 δεν παρέχει τους κανόνες για υπολογισμό της ενέργειας,

όμως αναφέρει ότι ο υπολογισμός πρέπει να γίνεται ακολουθώντας ρητά την Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (EU 2002) και τις Εθνικές εφαρμογές της. Η Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων είναι η κύρια νομοθετική πράξη σε κοινοτικό επίπεδο για την επίτευξη ενεργειακής αποδοτικότητας στα κτίρια. Τα τέσσερα βασικά ζητήματα της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων που πρέπει να εφαρμοστούν από τα Κράτη-Μέλη είναι τα εξής (EU 2002):

- ✓ Ολοκληρωμένη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- ✓ Ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση νέων κτιρίων και υπαρχόντων που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση.
- ✓ Συστήματα για την ενεργειακή πιστοποίηση νέων και υπαρχόντων κτιρίων, και για δημόσια κτίρια, την εμφανή παρουσίαση της πιστοποίησης αυτής και άλλων σχετικών πληροφοριών.
- ✓ Τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των συστημάτων κεντρικού κλιματισμού στα κτίρια, καθώς και αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης στις οποίες ο λέβητες χρονολογείται 15 ετών και πάνω.

Η αναδιατύπωση της Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (το 2010) ορίζει ένα νομικό πλαίσιο για την αναβάθμιση των εθνικών κτιριακών κωδίκων και παρουσιάζει μία πολιτική για κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, έτσι ώστε όλα τα νέα κτίρια να παρουσιάζουν σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας από το 2020 (π.χ. τα βασικά χαρακτηριστικά για σπίτια με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σχεδόν μηδενικές παρουσιάζονται στην Εικ. 2.13).



Εικ. 2.13: Βασικά χαρακτηριστικά κτιρίου με σχεδόν μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Παρά τις γενικές απαιτήσεις που υποδεικνύονται από την Οδηγία Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, δεν παρέχεται η μέθοδος υπολογισμού και κάθε Κράτος Μέλος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχει τη δυνατότητα να επιλέξει τον δικό του τρόπο

υλοποίησης. Οι περισσότερες χώρες ισχυρίζονται ότι χρησιμοποιούν CEN πρότυπα ή άλλα διεθνή πρότυπα σε κάποιο βαθμό. Στο πλαίσιο αυτό, δύο επιπλέον πρότυπα λαμβάνονται υπόψη στο παρόν έγγραφο:

- (i) Το ISO 13790 (2008), το οποίο καλύπτει όλες τις πτυχές των στοιχείων θέρμανσης που συμμετέχουν στους θερμικούς υπολογισμούς και παρέχουν συντελεστές συσχέτισης προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι δυναμικές θερμικές επιπτώσεις στους υπολογισμούς,
- (ii) Το EN 15316-3-1 (2007), το οποίο ασχολείται με τις ενεργειακές ανάγκες για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX).

3 ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Ο τομέας της κατασκευής υπόκειται όλο και περισσότερο σε πιέσεις για βιωσιμότητα: περιβαλλοντικές δηλώσεις προϊόντος, κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, κ.λπ. Ωστόσο, τα ενδιαφερόμενα μέρη δεν είναι πάντοτε καταλλήλως εκπαιδευμένα ώστε να μπορούν να αναλύουν την περιβαλλοντική απόδοση προϊόντων που ανήκουν στον τομέα των δομικών κατασκευών.

Η θερμική απόδοση νέων κτιρίων πλαισιώνεται από κανονισμούς για μερικά χρόνια, αναγκάζοντας τους αρχιτέκτονες να έχουν καλό έλεγχο και γνώση της φάσης χρήσης των κτιρίων. Από την άλλη πλευρά, η ενσωματωμένη ενέργεια και το αποτύπωμα άνθρακα των υλικών είναι λιγότερο γνωστά, αλλά σταδιακά εντάσσονται σε προσκλήσεις υποβολής προσφορών. Λίγοι παράγοντες του τομέα έχουν την εμπειρία να αντιμετωπίζουν και τις δύο πτυχές.

Ως εκ τούτου, προκειμένου να ενισχυθεί η εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής στον κτιριακό τομέα, το παρόν κεφάλαιο παραθέτει δύο απλοποιημένες προσεγγίσεις:

- (i) Μία προσέγγιση απλουστευμένης ανάλυσης κύκλου ζωής βασισμένη σε macro-στοιχεία
- (ii) Μία προσέγγιση για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου σε ψύξη και θέρμανση, η οποία περιλαμβάνει και τις ενεργειακές ανάγκες για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Και οι δύο προσεγγίσεις αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος *SB_Steel* (2014) και βασίζονται στις αρχές των τελευταίων Ευρωπαϊκών προτύπων EN 15978 και EN 15804.

Αρχικά περιγράφεται η προσέγγιση που αφορά στην ανάλυση του κύκλου ζωής, ενώ ακολουθεί η απλουστευμένη προσέγγιση για τον υπολογισμό της ενέργειας και της αντίστοιχης διαδικασίας βαθμονόμησης.

3.2 Αλγόριθμος της ανάλυσης κύκλου ζωής βασισμένος σε macro-στοιχεία

Η κατασκευή του εξωτερικού κι εσωτερικού ενός κτιρίου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά του από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Αυτό άνοιξε το δρόμο για τη δημιουργία προ-συναρμολογημένων λύσεων για τα βασικά στοιχεία του κτιρίου, δηλαδή τα macro-

στοιχεία. Τα macro-στοιχεία αποτελούν προκαθορισμένα σύνολα διαφορετικών υλικών που συνθέτουν πλήρως το ίδιο στοιχείο ενός κτιρίου (Gervásio et al., 2014).

Για κάθε δομικό στοιχείο προ-συναρμολογούνται διαφορετικές λύσεις και το μοντέλο που βασίζεται σε macro-στοιχεία και χρησιμοποιείται για την ανάλυση κύκλου ζωής του κτιρίου, περιγράφεται λεπτομερώς στις επόμενες παραγράφους.

3.2.1 Γενικά Βήματα

3.2.1.1 Σκοπός και Πλαίσιο μελέτης

Ο σκοπός του εργαλείου είναι η ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός απλού κτιρίου ή δομικών στοιχείων (σε m^2), χρησιμοποιώντας προκαθορισμένα macro-στοιχεία. Κατά συνέπεια, η προσέγγιση παρέχει τη δυνατότητα η αξιολόγηση να διεξαχθεί σε δύο διαφορετικά επίπεδα: (i) σε επίπεδο στοιχείου και (ii) σε επίπεδο κτιρίου.

3.2.1.1.1 Λειτουργική Μονάδα

Σε επίπεδο κτιρίου, η λειτουργική μονάδα είναι ένα κτίριο με καθορισμένη τυπολογία (π.χ. κατοικία, γραφείο, κ.λπ.) σχεδιασμένο για καθορισμένη διάρκεια ζωής (π.χ. 50 έτη), το οποίο πληροί όλες τις τυπικές απαιτήσεις.

Σε επίπεδο στοιχείου του κτιρίου, η λειτουργική μονάδα (σε m^2) είναι ένα δομικό στοιχείο με καθορισμένη τυπολογία (π.χ. εξωτερικός τοίχος, εσωτερική πλάκα, κ.λπ.), το οποίο χρησιμοποιείται για δεδομένη χρονική περίοδο (π.χ. 50 έτη). Στην περίπτωση αυτή, η λειτουργία ενός δομικού στοιχείου μπορεί να συμπεριλαμβάνεται ή όχι (όταν πρόκειται για περίπτωση συγκριτικών ισχυρισμών, τότε η λειτουργία του δομικού στοιχείου πρέπει να συμπεριλαμβάνεται).

3.2.1.1.2 Όρια του Συστήματος

Η περιβαλλοντική ανάλυση του κύκλου ζωής περιλαμβάνει το στάδιο της παραγωγής υλικού (φάσεις A1 με A3), το στάδιο κατασκευής (φάση A4), το στάδιο χρήσης (φάσεις B1 με B5), το στάδιο της λήξης της ωφέλιμης ζωής (φάσεις C1 με C4) και τα οφέλη και φορτία κατά την διαδικασία της ανακύκλωσης (φάση D), όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1.

Η φάση B6 δεν λαμβάνεται υπόψη σε αυτή την προσέγγιση. Ωστόσο, η μεθοδολογία που παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο ασχολείται με τις πτυχές που περιλαμβάνονται σε αυτή τη φάση.

Ομοίως, οι φάσεις A5, B1 και B7 δεν καλύπτονται. Η σημασία των επιπτώσεων που οφείλονται στη διεργασία κατασκευής (φάση A5) (συμπεριλαμβάνοντας τη χρήση εξοπλισμού, τη λειτουργία του εργοταξίου και την παραγωγή αποβλήτων) φαίνεται να παραμελείται σε επίπεδο κτιρίου (Gervásio et al., 2014).

Η φάση B1 καλύπτει τις εκπομπές που οφείλονται στη χρήση υλικών εγκατεστημένων στο κτίριον που δεν λαμβάνονται υπόψη στις υπόλοιπες φάσεις του σταδίου χρήσης.

Πίνακας 3.1: Φάσεις κύκλου ζωής του κτιρίου. (σύμφωνα με το EN 15643-2:2011)

Product stage			Construct. stage		Use stage							End-of-life stage				
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport	Construction process	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse/Recycling
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σήμερα, εξαιτίας της αυστηρής νομοθεσίας περί υλικών, τα δομικά υλικά παράγονται με χαμηλές εκπομπές, η φάση αυτή έχει μικρή σημασία. Τέλος, η ποσοτικοποίηση της χρήσης νερού (φάση B7) δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς δεν εξαρτάται από τις επιλογές κατασκευής.

3.2.1.2 Απογραφή Δεδομένων Κύκλου Ζωής

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο έλεγχος της ποιότητας των δεδομένων αποτελεί απαίτηση των προτύπων που αφορούν στην ΑΚΖ. Ως εκ τούτου, όσον αφορά στα δομικά προϊόντα, τα δεδομένα πρέπει να ελέγχονται με βάση το (EN 15804):

- Χρονική κάλυψη: τα σύνολα δεδομένων πρέπει να ενημερώνονται μέσα στα τελευταία 10 έτη όταν πρόκειται για γενικά δεδομένα και μέσα στα τελευταία 5 έτη όταν πρόκειται για συγκεκριμένα δεδομένα από παραγωγούς.
- Τα σύνολα δεδομένων πρέπει να βασίζονται στον μέσο όρο δεδομένων 1 έτους.
- Γεωγραφική κάλυψη: τα σύνολα δεδομένων πρέπει να αντικατοπτρίζουν τη γεωγραφική περιοχή για το προϊόν ή το σύνολο προϊόντων που έχουν δηλωθεί.

- Τεχνολογική κάλυψη: τα σύνολα δεδομένων πρέπει να αντικατοπτρίζουν την φυσική πραγματικότητα για το προϊόν ή το σύνολο προϊόντων που έχουν δηλωθεί.
- Πληρότητα: τα σύνολα δεδομένων πρέπει να είναι ολοκληρωμένα σύμφωνα με τα όρια του συστήματος, τηρώντας τους περιορισμούς που έχουν ορισθεί από τα κριτήρια για την εξαίρεση ορισμένων εισροών κι εκροών.

Τα περισσότερα σύνολα περιβαλλοντικών δεδομένων παρέχονται από την ΡΕ Διεθνή βάση δεδομένων (2006), εκτός από τα δεδομένα που αφορούν στο χάλυβα/μέταλλο (steel data). Τα σύνολα δεδομένων για τον χάλυβα παρέχονται από τον Worldsteel Association (2002) σε συνεργασία με την ΡΕ Διεθνή βάση δεδομένων. Ως εκ τούτου, η μεθοδολογία είναι παρόμοια. Αυτό εξασφαλίζει συνέπεια όσον αφορά στη συλλογή και διαχείριση δεδομένων, καθώς και μεθοδολογία κατανομής και κριτήρια αποκλεισμού, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.2, για τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται στα macro-στοιχεία.

Πίνακας 3.2: Έλεγχος ποιότητας για τα κύρια υλικά των macro-στοιχείων.

3.2.1.3	Time coverage	Geographical coverage	Technology coverage	Completeness
Steel section	2007, annual average	Europe	European producers	> 99% of mass and energy
Steel rebar	2007, annual average	World	World producers	> 99% of mass and energy
Steel coil	2007, annual average	Europe	European producers	> 99% of mass and energy
Concrete C20/25	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy
Oriented strand board OSB	2008, annual average	Germany	German producers	> 99% of mass and energy
Gypsum plasterboard	2008, annual average	Europe	European producers	> 95% of mass and energy
Bricks	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy
Rock wool	2011, annual average	Europe	European producers	> 95% of mass and energy
Expanded polystyrene EPS	2011, no data	Europe	No data	No data
Extruded polystyrene XPS	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy
Polyurethane rigid foam PUR	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy
Expanded cork	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy

Glass wool	2011, annual average	Europe	European producers	> 95% of mass and energy
Polyethylene foam PE	2011, annual average	Germany	German producers	> 95% of mass and energy

3.2.1.4 Αξιολόγηση των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής

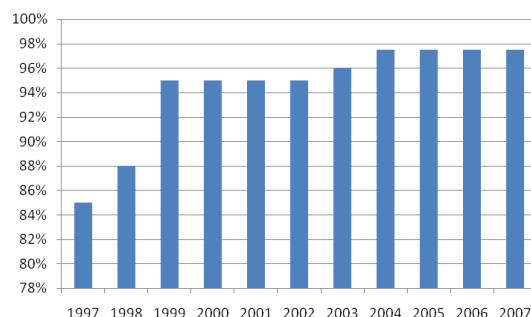
Οι περιβαλλοντικές κατηγορίες που επιλέχθηκαν για να περιγράψουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου αναφέρονται στον Πίνακα 2.10 και αντιστοιχούν στις περιβαλλοντικές κατηγορίες που συστήνονται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων (EN 15643-2 and EN 15978).

Η σπονδυλωτή ιδέα των προαναφερθέντων προτύπων υιοθετήθηκε στην προσέγγιση. Ως εκ τούτου, η εκροή της περιβαλλοντικής ανάλυσης του κύκλου ζωής για κάθε macro-στοιχείο παρέχεται ανά φάση ή από τη συνολική τιμή κάθε σταδίου.

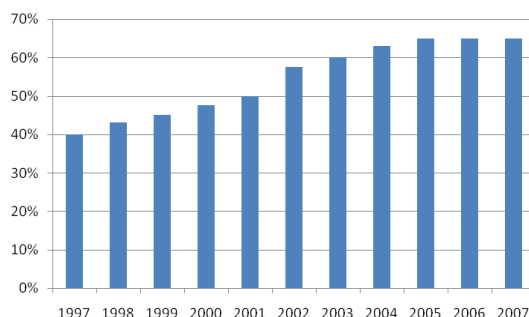
Η περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής κάθε macro-στοιχείου διεξήχθη με το λογισμικό GaBi (2012).

3.2.2 Κατανομή των υλικών ανακύκλωσης

Ο χάλυβας είναι 100% ανακυκλώσιμος και τα απορρίμματα αυτού μπορούν να μετατραπούν στην ίδια ποιότητα χάλυβα ανάλογα με την μεταλλουργία και την μέθοδο ανακύκλωσης που επιλέγεται (Worldsteel Association, 2009). Ως εκ τούτου, στο τέλος του κύκλου ζωής μίας μεταλλικής κατασκευής, η κατασκευή είναι πιθανό να αποσυναρμολογηθεί και ο χάλυβας στέλνεται για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση (μερική ή ολική). Σύμφωνα με τα δεδομένα από το Ινστιτούτο Ανακύκλωσης Χάλυβα (2009) στη Βόρειο Αμερική, το ποσοστό ανακύκλωσης του χάλυβα από μεταλλική κατασκευή είναι 97.5%. Τα γραφήματα της Εικ. 3.1, απεικονίζουν την τάση των ποσοστών ανακύκλωσης χάλυβα κατασκευών και χάλυβα οπλισμού στον κατασκευαστικό τομέα, αντίστοιχα.



(a)



(b)

Εικ. 3.1: Ποσοστό ανακύκλωσης (α) χάλυβα κατασκευών και (β) χάλυβα οπλισμού (Ινστιτούτο Ανακύκλωσης Χάλυβα, 2009)

Η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση του χάλυβα είναι ένα θέμα πολύ-λειτουργικότητας, το οποίο απαιτεί τη χρήση διαδικασίας κατανομής όπως περιγράφεται στο κείμενο που ακολουθεί.

3.2.2.1 Εισαγωγή

Οι περισσότερες βιομηχανικές διεργασίες είναι πολυλειτουργικές, δηλαδή, η παραγωγή τους ενέχει περισσότερα από ένα προϊόντα και οι εισροές για την παραγωγή προϊόντων περιλαμβάνουν συχνά ενδιάμεσα ή απορριπτόμενα προϊόντα. Πρόβλημα κατανομής προκύπτει όταν τίθεται θέμα απόφασης για κατάλληλη κατανομή των εισροών και εκροών στη λειτουργική μονάδα που παρέχεται από το υπό μελέτη σύστημα προϊόντος.

Η κατανομή ορίζεται στο ISO 14040 (2006) ως «ο διαχωρισμός των εισροών κι εκροών μιας διεργασίας ή ενός συστήματος προϊόντος μεταξύ του υπό μελέτη συστήματος προϊόντος κι ενός άλλου ή περισσότερων συστημάτων προϊόντος». Ως εκ τούτου, μία διαδικασία κατανομής επιτυγχάνει τον διαχωρισμό των ροών μεταξύ μεμονωμένων διεργασιών ή συστημάτων προϊόντος.

Σύμφωνα με το ISO 14044 (2006), η κατανομή θα έπρεπε να αποφεύγεται είτε χωρίζοντας κάθε μεμονωμένη διεργασία (unit process) σε δύο ή περισσότερες υπο-διεργασίες και συλλέγοντας τις εισροές κι εκροές που σχετίζονται με τις υπο-διεργασίες αυτές ή επεκτείνοντας το σύστημα προϊόντος προκειμένου να συμπεριλάβει και τις επιπλέον λειτουργίες που σχετίζονται με τα υπο-προϊόντα (επέκταση συστήματος).

Η επέκταση του συστήματος περιλαμβάνει την προσέγγιση των επιπτώσεων, η οποία περιορίζει τις πλεονάζουσες λειτουργίες της πολυλειτουργικής διεργασίας αφαιρώντας ισοδύναμες μονολειτουργικές διεργασίες με σκοπό την επίτευξη μονολειτουργικής διεργασίας.

Όταν ούτε η υποδιαίρεση των διεργασιών ούτε η επέκταση του συστήματος είναι εφικτές για τον σκοπό και το πλαίσιο της μελέτης, τότε η κατανομή είναι αναπόφευκτη. Στην περίπτωση αυτή, δύο εναλλακτικές συνιστώνται από το ISO 14044 (2006): (i) ο διαχωρισμός των εισροών κι εκροών του συστήματος να βασίζεται σε φυσικές (ή χημικές ή βιολογικές) αιτιώδεις σχέσεις, ή (ii) η κατανομή να βασίζεται σε άλλες σχέσεις (π.χ. οικονομική αξία των προϊόντων).

Το να ληφθούν υπόψη η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση υλικών αποτελεί ένα θέμα πολυλειτουργικότητας, το οποίο συνεπάγεται την εφαρμογή της διαδικασίας κατανομής. Οι αρχές της διαδικασίας κατανομής που αναφέρθηκαν παραπάνω ισχύουν επίσης και για καταστάσεις ανακύκλωσης ή

επαναχρησιμοποίησης, αν και σ' αυτή την περίπτωση, οι αλλαγές στις εγγενείς ιδιότητες των υλικών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η διαδικασία της κατανομής (ISO 14044, 2006).

Εν προκειμένω, ενδέχεται να προκύψουν τρεις καταστάσεις (Werner, 2005):

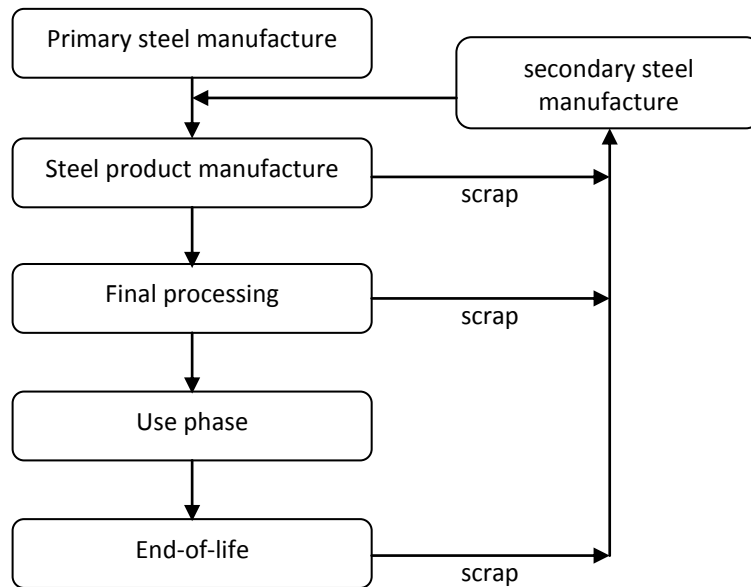
- i) Οι εγγενείς ιδιότητες του υλικού δεν έχουν μεταβληθεί στο εξεταζόμενο σύστημα προϊόντος και το υλικό θα επαναχρησιμοποιηθεί στην ίδια εφαρμογή.
- ii) Οι ιδιότητες του υλικού έχουν μεταβληθεί στο εξεταζόμενο σύστημα προϊόντος και το υλικό θα επαναχρησιμοποιηθεί στην ίδια εφαρμογή.
- iii) Οι ιδιότητες του υλικού έχουν μεταβληθεί στο εξεταζόμενο σύστημα προϊόντος και το υλικό θα επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές.

Στην πρώτη περίπτωση, υπάρχει μία κατάσταση κλειστού βρόχου στην οποία η υποκατάσταση του πρωτογενούς υλικού θεωρείται πλήρης κι ως εκ τούτου, δεν αποδίδονται στο σύστημα προϊόντος περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή πρωτογενούς προϊόντος ή την τελική διάθεση. Η δεύτερη περίπτωση αντιστοιχεί σε προσέγγιση ανοιχτού βρόχου υποθέτοντας μία κατάσταση κλειστού βρόχου. Στην περίπτωση αυτή, οι ιδιότητες του υλικού που έχουν μεταβληθεί θεωρείται ότι δεν ασκούν επιρροή και η ανακύκλωση αντιμετωπίζεται ως κατάσταση κλειστού βρόχου. Στην τελευταία περίπτωση, υπάρχει μία κατάσταση ανοιχτού βρόχου όπου η υποκατάσταση του πρωτογενούς υλικού θεωρείται μερική. Στην περίπτωση αυτή, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην παραγωγή ή τελική διάθεση του πρωτογενούς υλικού πρέπει να κατανεμηθούν στο υπό μελέτη σύστημα.

Σύμφωνα με το ISO 14044 (2006), σε κατάσταση κλειστού βρόχου η διαδικασία της κατανομής αποφεύγεται καθώς η χρήση δευτερογενών υλικών υποκαθιστά τη χρήση πρώτων υλών.

3.2.2.2 Αποφυγή της διαδικασίας κατανομής υπολειμμάτων

Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του χάλυβα, προκύπτουν απορρίμματα από το στάδιο της κατασκευής, της τελικής επεξεργασίας και του τέλους ζωής του υλικού (βλέπε Εικ. 3.2). Ως εκ τούτου, πρέπει να ληφθεί υπόψη μία διαδικασία κατανομής των υπολειμμάτων που παράγονται καθ' όλο τον κύκλο ζωής του υλικού. Επιπλέον, όπως περιγράφεται παρακάτω στο κείμενο, η παραγωγή του χάλυβα αποτελεί διεργασία η οποία εκτελείται μέσω διαφορετικών τρόπων, κι έτσι η κατανομή των εισροών υπολειμμάτων στην διαδικασία παραγωγής του υλικού είναι ένα επιπλέον θέμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη.



Εικ. 3.2: Όρια συστήματος του σταδίου απογραφής δεδομένων του κύκλου ζωής συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων για τα απορρίμματα του σταδίου τέλους της ζωής. (LCI, 2002)

Τέλος, ο χάλυβας μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί πολλές φορές και μια κατάλληλη μέθοδος κατανομής είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των πολλαπλών καταστάσεων ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης των μεταλλικών στοιχείων.

Ως εκ τούτου, η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την αντιμετώπιση του προβλήματος κατανομής του χάλυβα είναι η προσέγγιση ανακύκλωσης κλειστού βρόχου υλικού που αναπτύχθηκε από τον Worldsteel Association (LCI, 2002). Η μεθοδολογία αυτή αναπτύχθηκε προκειμένου να παράξει Δεδομένα Κύκλου Ζωής των μεταλλικών προϊόντων, τα οποία αντιπροσωπεύουν το στάδιο της ανακύκλωσης στο τέλος της ζωής του υλικού. Η υιοθέτηση μίας προσέγγισης κλειστού βρόχου δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα απορρίμματα υποβάλλονται ξανά σε διαδικασία τήξης προκειμένου να παράξουν νέα μεταλλικά προϊόντα με μικρή ή καμία μεταβολή στις εγγενείς τους ιδιότητες. Στην περίπτωση αυτή, ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές του προτύπου ISO 14044, η ανάγκη για κατανομή αποφεύγεται καθώς η χρήση δευτερογενών υλικών υποκαθιστά τη χρήση πρώτων υλών (πρωτογενών υλικών).

Ο χάλυβας παράγεται μέσω δύο κύριων οδών: με αναγωγή των υλικών σε Υψικάμνο (Blast Furnace) και σε Κλίβανο Ηλεκτρικού Τόξου (Electric Arc Furnace). Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο τρόπων παραγωγής χάλυβα είναι η εισροή υπολειμμάτων στη διεργασία παραγωγής του υλικού: στην περίπτωση χρήσης Υψικαμίνου, ο χάλυβας παράγεται σχεδόν αποκλειστικά από πρώτες ύλες, ενώ στην περίπτωση χρήσης Κλιβάνου Ηλεκτρικού Τόξου η παραγωγή χάλυβα

βασίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό της στην εισαγωγή υπολειμμάτων στη διαδικασία.

Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη τους δύο τρόπους παραγωγής χάλυβα και υποθέτοντας ότι τα Δεδομένα Κύκλου Ζωής (LCI data) που αφορούν στην παραγωγή χάλυβα με χρήση Υψικαμίνου (με την παραδοχή ότι η παραγωγή στηρίζεται 100% σε πρώτες ύλες) δίνονται από το X_{pr} και τα Δεδομένα Κύκλου Ζωής (LCI data) που αφορούν στην παραγωγή χάλυβα με χρήση Κλιβάνου Ηλεκτρικού Τόξου (με την παραδοχή ότι η παραγωγή στηρίζεται 100% σε δευτερογενή χάλυβα) δίνονται από το X_{re} , τότε τα Δεδομένα Κύκλου Ζωής που αφορούν στα απορρίμματα δίνονται από την εξίσωση (3.1)

$$LCI_{scrap} = Y(X_{pr} - X_{re})$$

Εξ. (3.1)

Όπου Y , η μεταλλική απόδοση, που αντικατοπτρίζει την αποδοτικότητα της δευτερεύουσας διεργασίας μετατροπής των υπολειμμάτων σε χάλυβα. Σύμφωνα με τον worldsteel association (LCI, 2002), περίπου 1.05 kg υπολειμμάτων απαιτείται για την παραγωγή 1 kg δευτερογενούς χάλυβα.

Όσον αφορά στον τρόπο παραγωγής χάλυβα με χρήση της Υψικαμίνου, υποθέτοντας ότι υπάρχει 100% εισροή από πρώτες ύλες κι ένα ποσοστό ανάκτησης RR (το κλάσμα του χάλυβα που ανακτάται ως υπολείμματα καθ'όλον τον κύκλο ζωής του υλικού), τότε, στο τέλος του κύκλου ζωής, τα καθαρά υπολείμματα που παράγονται δίνονται από το RR . Ως εκ τούτου, το LCI για 1 kg χάλυβα, συμπεριλαμβανομένου του τέλους του κύκλου ζωής, παρέχεται από το LCI για πρωτογενή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη και μία μείωση που οφείλεται στα υπολείμματα που παρήχθησαν, όπως δίνεται από τη σχέση (3.2)

$$LCI = X_{pr} - RR[Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Εξ. (3.2)

Από την άλλη πλευρά, υποθέτοντας ότι 1 kg δευτερογενούς χάλυβα χρησιμοποιείται για την παραγωγή νέου χάλυβα μέσω της διαδικασίας παραγωγής με Κλίβανο Ηλεκτρικού Τόξου, και στο τέλος του κύκλου ζωής RR kg χάλυβα ανακτώνται για ανακύκλωση, τότε τα καθαρά υπολείμματα που καταναλώθηκαν δίνονται από τη σχέση $(1/Y - RR)$. Στην περίπτωση αυτή, το LCI για 1 kg χάλυβα, συμπεριλαμβανομένου του τέλους του κύκλου ζωής, παρέχεται από το LCI για πρωτογενή παραγωγή λαμβάνοντας υπόψη και μία αύξηση που οφείλεται στα υπολείμματα που καταναλώθηκαν, όπως δίνεται από τη σχέση (3.3)

$$LCI = X_{re} + (1/Y - RR)[Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Εξ. (3.3)

Η αναπροσαρμογή της σχέσης (3.3) οδηγεί στη σχέση (3.2), γεγονός το οποίο υποδεικνύει ότι το LCI του συστήματος δεν εξαρτάται από την πηγή του υλικού. Εξαρτάται από το ποσοστό ανακυκλωμένου χάλυβα στο τέλος του κύκλου ζωής και την απόδοση της διεργασίας που σχετίζεται με την ανακύκλωση. Ως εκ τούτου, η σχέση (3.3) επιτρέπει την κατανομή των υπολειμμάτων χάλυβα ανεξάρτητα από τον τρόπο παραγωγής του χάλυβα.

Οι προηγούμενες σχέσεις προέκυψαν υποθέτοντας 100% πρωτογενή παραγωγή ή 100% δευτερογενή παραγωγή. Στην πραγματικότητα, τα προϊόντα χάλυβα που προκύπτουν μέσω πρωτογενούς παραγωγής μπορεί να περιλαμβάνουν και κάποια κατανάλωση υπολειμμάτων χάλυβα και τα προϊόντα από Κλίβανο Ηλεκτρικού Τόξου μπορεί να περιλαμβάνουν κι ένα μικρό ποσοστό πρώτων υλών. έχει περιέχουν και κάποια ποσότητα πρώτων υλών. Στην περίπτωση αυτή, η αύξηση ή μείωση που δίνεται από τη σχέση (3.1) μπορούν να γραφούν ως εξής:

$$LCI_{scrap} = (RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})$$

Εξ. (3.4)

Όπου, το $(RR - S)$ αντιπροσωπεύει τα καθαρά υπολείμματα στο τέλος του κύκλου ζωής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα του LCI ενός τελικού προϊόντος χάλυβα εκφράζονται από το X' , τότε το LCI για το προϊόν, συμπεριλαμβανομένης της διεργασίας ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής του, δίνεται από τη σχέση

$$LCI = X' - [(RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Εξ. (3.5)

Η σχέση (3.5) υιοθετήθηκε στις μεθοδολογίες AKZ που παρουσιάζονται στο κείμενο για την κατάρτιση LCI δεδομένων όσον αφορά στα προϊόντα χάλυβα, συμπεριλαμβανομένης και της διαδικασίας ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής.

3.2.3 Χαρακτηρισμός των macro-στοιχείων

Τα macro-στοιχεία ορίζονται για διαφορετικά δομικά στοιχεία σύμφωνα με το UniFormat σύστημα ταξινόμησης (2010). Λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες κατηγορίες: (Α) Κτιριακός Σκελετός, (Β) Κέλυφος και (C) Εσωτερικό. Κάθε κατηγορία διαιρείται περαιτέρω σε υποκατηγορίες. Το λεπτομερές σύστημα ταξινόμησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Σύστημα ταξινόμησης δομικών στοιχείων (UniFormat, 2010)

(A) Σκελετός	(A40) Πλάκα Εδάφους	(A4010) Τυποποιημένη Πλάκα Εδάφους	
(B) Κέλυφος	(B10) Υπερκατασκευή	(B1010) Δάπεδο	(B1010.10) Δομικό σκελετός δαπέδου
			(B1010.20) Βάσεις δαπέδου, πλάκες και κάλυψη
		(B1020) Οροφή	(B1020.10) Δομικός σκελετός οροφής
			(B1020.20) Βάσεις οροφής, πλάκες και επένδυση
	(B20) Εξωτερική Περιφραξη κάθετης διάταξης	(B2010) Εξωτερική Τοιχοποιία	(B2010.10) Επένδυση εξωτερικών τοίχων
			(B2010.20) Εξωτερική τοιχοποιία
		(B2020) Εξωτερικοί Υαλοπίνακες	
		(B2050) Εξωτερικές Θήρες	
	(B30) Εξωτερική Περιφραξη οριζόντιας διάταξης	(B3010) Στέγη	
		(B3060) Οριζόντια Ανοίγματα	
(C) Εσωτερικό	(C10) Εσωτερικό κτιρίου	(C1010) Εσωτερικά Χωρίσματα	
		(C2010) Τελειώματα Τοίχων	
	(C20) Εσωτερικά Τελειώματα	(C2030) Δάπεδο	
		(C2050) Τελειώματα Οροφής	

Εντός κάθε δομικού στοιχείου (βλ. Πίνακα 3.3) τα αντίστοιχα macro-στοιχεία έχουν την ίδια λειτουργία και παρόμοιες ιδιότητες. Η λειτουργική μονάδα κάθε macro-στοιχείου είναι 1 m² δομικού στοιχείου με παρόμοια χαρακτηριστικά, για να καλύψει μία διάρκεια ζωής 50 ετών.

Η προσέγγιση αυτή αναπτύχθηκε για την αξιολόγηση των κτιρίων στο αρχικό στάδιο σχεδιασμού (Gervásio et al., 2014). Ως εκ τούτου, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα έλλειψης δεδομένων στο στάδιο του σχεδιασμού των κτιρίων, η φέρουσα κατασκευή (για κατασκευή θερμής έλασης, για ελαφριά μεταλλική κατασκευή ή κατασκευή από σκυρόδεμα) κατανέμεται στα macro-στοιχεία που αναφέρονται στον δομικό σκελετό Δαπέδου (B1010.10) ή στον δομικό σκελετό Οροφής (B1020.10), ανά m².

Η πληροφορία που παρέχεται από κάθε macro-στοιχείο διευκρινίζεται στο παράδειγμα του Πίνακα 3.4. Εκτός από τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών στρωμάτων των υλικών, ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας (U) (λαμβάνοντας υπόψη τις θερμογέφυρες εάν εφαρμόζονται) και η θερμική αδράνεια (κ_m) παρέχονται επίσης για να καταστεί δυνατή η ποσοτικοποίηση της λειτουργικής ενέργειας του κτιρίου.

Τα macro-στοιχεία συγκεντρώνονται σε μία βάση δεδομένων, η οποία παρατίθεται στο Παράρτημα 1 του παρόντος εγγράφου.

3.2.4 Χαρακτηριστικό παράδειγμα της συγκέντρωσης όλων των macro-στοιχείων

Σε ορισμένες περιπτώσεις, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η λειτουργία ενός δομικού στοιχείου, πρέπει να ληφθούν υπόψη ταυτόχρονα διαφορετικά macro-στοιχεία. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα για εσωτερική πλάκα κτιρίου κατοικιών παρουσιάζεται στο σημείο αυτό.

3.2.4.1 Ενσωμάτωση macro-στοιχείων

Για εσωτερική πλάκα ενός κτιρίου επιλέχθηκαν τα ακόλουθα macro-στοιχεία:

- (i) ένα macro-στοιχείο δαπέδου (C2030),
- (ii) ένα macro-στοιχείο δομικού σκελετού δαπέδου (B1010.10),
- (iii) ένα macro-στοιχείο τελειωμάτων οροφής (C2050).

Η επιλεγμένη συνάθροιση macro-στοιχείων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4.

Εν προκειμένω, η τιμή της θερμικής διαπερατότητας (U) δεν παρέχεται ως το macro-στοιχείο που αντιστοιχεί σε εσωτερική πλάκα και κατ' επέκταση, δεν επηρεάζει τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών.

Πίνακας 3.4: Συνάθροιση macro-στοιχείων για μια εσωτερική πλάκα

Ενσωμάτωση στοιχείων	macro-στοιχεία	Υλικό	Πάχος (mm)/ Πυκνότητ α (kg/m^2)	Θερμική διαπερα τότητα (U) ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)	κ_m ($\text{J/m}^2\cdot\text{K}$)
	C2030 Δάπεδο	Κεραμικά πλακίδια	31 kg/m^2	-	61062
		Σκυρόδεμα εξομάλυνσ ης	13 mm		
	B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου	OSB	18 mm		
		Κοιλότητα αέρα	160 mm		
		Πετροβάμβ ακας	40 mm		
		Ελαφρύς χάλυβας	14 kg/m^2		
		Γυψοσανίδ α	15 mm		
	C2050 Τελειώματα οροφής	Βαφή	0.125 kg/m^2		

3.2.4.2 Λειτουργική μονάδα και εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των υλικών

Η λειτουργική μονάδα του δομικού στοιχείου είναι μία εσωτερική πλάκα (ανά m^2) ενός κτιρίου κατοικιών, με απαιτούμενη διάρκεια ζωής 50 έτη. Τα macro-στοιχεία που επιλέχθηκαν πρέπει να πληρούν την ίδια λειτουργική μονάδα με το δομικό στοιχείο. Συνεπώς, η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των διαφορετικών υλικών πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ο Πίνακας 3.5 αναφέρει την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των υλικών.

Πίνακας 3.5: Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των υλικών

Macro-στοιχείο	Υλικό	Μονάδα	Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής [έτη]
Δάπεδο	Κεραμικά πλακίδια	m^2	25
	Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	m^2	50
Δομικός σκελετός δαπέδου	Εν ψυχρώ μορφοποιημένος χάλυβας	kg/m^2	50
Βάση δαπέδου	Πετροβάμβακας	m^2	50
	OSB	m^2	50
	Γυψοσανίδα	m^2	50
Τελειώματα οροφής	Βαφή	m^2	10

Ως εκ τούτου, προκειμένου να πληρούν τη λειτουργική μονάδα, κάποια από τα υλικά πρέπει να αντικατασταθούν ή να αποκατασταθούν σύμφωνα με το προαναφερθέν σενάριο.

3.2.4.3 Σενάρια και παραδοχές

Η λειτουργική μονάδα συνδέεται με ένα χρονικό διάστημα 50 ετών. Αυτό σημαίνει ότι κάθε υλικό στο macro-στοιχείο πρέπει να καλύπτει την απαίτηση αυτή. Συνεπώς, υλικά με μία αναμενόμενη διάρκεια ζωής χαμηλότερη των 50 ετών πρέπει να συντηρούνται ή να αντικαθίστανται κατά τη συγκεκριμένη περίοδο. Έτσι, λαμβάνονται υπόψη διαφορετικά σενάρια για κάθε υλικό προκειμένου να συνάδουν με το χρονικό διάστημα της ανάλυσης. Ομοίως, στο στάδιο τέλους του κύκλου ζωής, κάθε υλικό έχει διαφορετικό προορισμό σύμφωνα με τα εγγενή χαρακτηριστικά του. Ως εκ τούτου, για κάθε υλικό ένα σενάριο τέλους του κύκλου ζωής λαμβάνοντας υπόψη συνυπολογίζοντας τις ιδιότητες του κάθε υλικού. Όλα τα προαναφερθέντα σενάρια ορίζονται σύμφωνα με τους κανόνες που παρέχονται από το EN 15643-2 και EN 15978.

3.2.4.3.1 Σενάρια για την μεταφορά των υλικών (Φάσεις A4 και C2)

Οι αποστάσεις μεταφοράς μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής και των εργοταξίων (φάση A4) και οι αποστάσεις μεταξύ της εγκατάστασης κατεδάφισης και των αντίστοιχων χώρων ανακύκλωσης/τελικής διάθεσης (φάση C2) θεωρούνται ίσες με την προεπιλεγμένη τιμή των 20 km και η μεταφορά πραγματοποιείται με φορτηγά ωφέλιμου φορτίου 22 τόνων. Ωστόσο, ο σχεδιαστής είναι σε θέση να προσδιορίζει κι άλλες αποστάσεις, επιτρέποντας την διεξαγωγή ανάλυσης ευαισθησίας που πρέπει να γίνει σε σχέση με τη μεταφορά διαφορετικών υλικών.

3.2.4.3.2 Σενάρια για το στάδιο χρήσης (Φάσεις B1:B7)

Τα σενάρια προκαθορίζονται για τα διαφορετικά υλικά με σκοπό να εκπληρωθεί το απαιτούμενο χρονικό διάστημα των 50 ετών. Συνεπώς, σε σχέση με τις παραπάνω συναθροίσεις macro-υλικών, ορίζονται τα ακόλουθα σενάρια:

- Υποκατάσταση των κεραμικών πλακιδίων κάθε 25 έτη.
- Βαφή της οροφής κάθε 10 έτη.

3.2.4.3.3 Σενάρια για το στάδιο τέλους του κύκλου ζωής (Φάσεις C1:C4) και ανακύκλωσης (Φάση D)

Διαφορετικά σενάρια τέλους του κύκλου ζωής ορίζονται για τα υλικά σύμφωνα με τα εγγενή χαρακτηριστικά τους, όπως αναφέρεται στον Πίνακα 3.6. Ως εκ τούτου, το OSB θεωρείται ότι αποτεφρώνεται (80%) σε μια μονάδα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Ο χάλυβας θεωρείται ότι ανακυκλώνεται, υποθέτοντας ένα ποσοστό ανακύκλωσης 90% και οι μονάδες συνυπολογίζονται εξαιτίας των καθαρών υπολειμμάτων στο τέλος του κύκλου ζωής. Ομοίως, ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι ανακυκλώνεται (80%). Ωστόσο, εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων σχετικά με τη διαδικασία ανακύκλωσης, δεν συνυπολογίζονται άλλες μονάδες εκτός από τη μείωση που οφείλεται στα απόβλητα που αποστέλλονται σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Πίνακας 3.6: Επιλογές τρόπου λήξης του σταδίου τέλους του κύκλου ζωής υλικών.

Υλικό	Σενάριο τελικής διάθεσης/ανακύκλωσης	Μονάδες
Κεραμικά πλακίδια	Χώρος υγειονομικής ταφής (100%)	-
Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	Χώρος υγειονομικής ταφής (100%)	-
Γυψοσανίδα	Χώρος υγειονομικής ταφής (100%)	-
Πετροβάμβακας	Ανακύκλωση (80%) + Χώρος υγειονομικής ταφής (20%)	-
OSB	Αποτέφρωση (80%) + Χώρος υγειονομικής ταφής (20%)	Μονάδα εξαιτίας της ανάκτησης ενέργειας
Ελαφρύς χάλυβας	Ανακύκλωση (90%) + Χώρος υγειονομικής ταφής (10%)	Μονάδα εξαιτίας των καθαρών υπολειμμάτων

Όλα τα υπόλοιπα υλικά θεωρείται ότι αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής αδρανών υλικών.

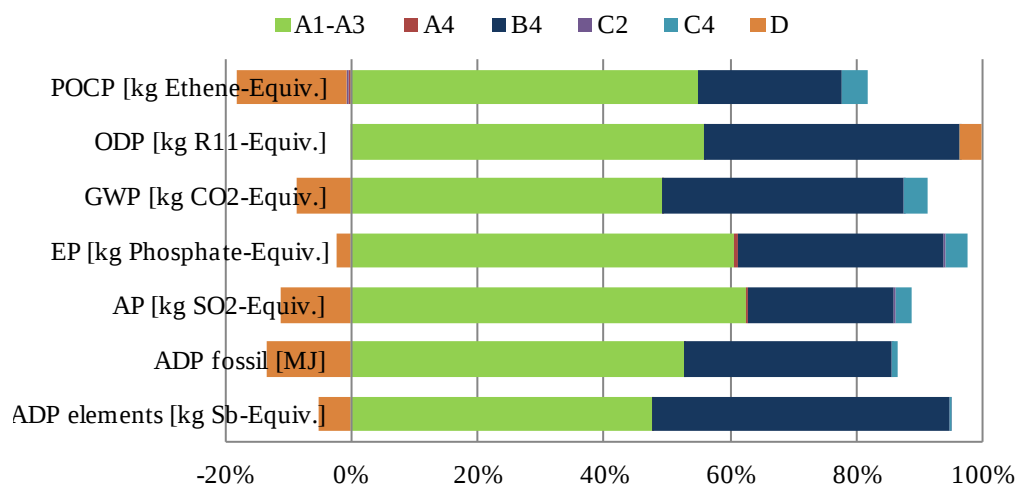
3.2.4.4 Περιβαλλοντική ανάλυση

Τα αποτελέσματα των συναθροίσεων macro-υλικών που αναφέρονται στον Πίνακα 3.4, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.7, ανά m^2 .

Πίνακας 3.7: Περιβαλλοντική ανάλυση του κύκλου ζωής macro-στοιχείων (ανά m^2)

Κατηγορία Επιπτώσεων ν	A1-A3	A4	B4	C2	C4	D	Σύνολο
ADP elem. [kg Sb-Eq.]	1.86E-03	6.59E-09	1.83E-03	5.76E-09	5.93E-07	-1.96E-04	3.49E-03
ADP fossil [MJ]	1.31E+03	2.45E+00	8.12E+02	2.14E+00	2.31E+01	3.35E+02	1.82E+03
AP [kg SO ₂ Eq.]	2.47E-01	7.91E-04	9.14E-02	6.85E-04	1.01E-02	-4.45E-02	3.05E-01
EP [kg PO ₄ ⁻ Eq.]	2.61E-02	1.82E-04	1.40E-02	1.57E-04	1.54E-03	-1.01E-03	4.09E-02
GWP [kg CO ₂ Eq.]	8.38E+01	1.77E-01	6.48E+01	1.54E-01	6.80E+00	1.45E+01	1.41E+02
ODP [kg R11 Eq.]	2.80E-06	3.09E-12	2.04E-06	2.70E-12	1.27E-09	1.76E-07	5.01E-06
POCP [kg Ethene Eq.]	3.41E-02	-2.58E-04	1.43E-02	-2.23E-04	2.62E-03	-1.07E-02	3.98E-02

Η ανάλυση συνεισφοράς ανά φάση εμφανίζεται στην Εικ. 3.3. Οι φάσεις A1-A3 υπερισχύουν σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων (άνω του 50% για τις περισσότερες περιβαλλοντικές κατηγορίες), ενώ έπεται η φάση B4 με μία συνεισφορά της τάξης του 10% με 20%. Η φάση D έχει μια σημαντική συνεισφορά (πλησιάζει το 10%) στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων. Λιγότερο σημαντική είναι η συνεισφορά της φάσης C4 (πλησιάζει το 5% σε ορισμένες περιπτώσεις), η οποία ακολουθείται από τις υπόλοιπες φάσεις αμελητέας σημασίας.



Εικ. 3.4: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κύκλου ζωής macro-στοιχείων (ανά m^2)

Όλα τα macro-στοιχεία υπολογίστηκαν με παρόμοιο τρόπο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αυτά τα macro-στοιχεία είναι σε θέση να διεξάγουν ανάλυση κύκλου ζωής σε επίπεδο υλικού ή σε επίπεδο κτιρίου.

3.3 Αλγόριθμος για την ποσοτικοποίηση της ενέργειας (φάση λειτουργίας)

3.3.1 Εισαγωγή

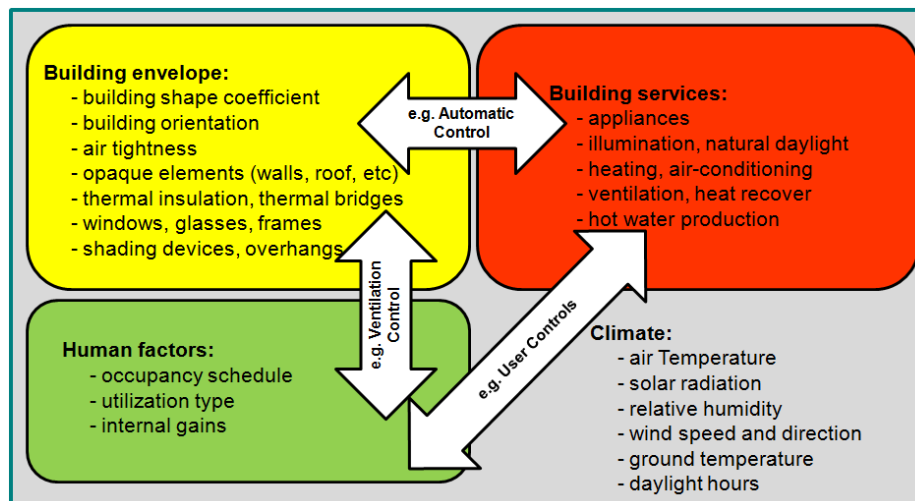
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το EN 15978 (2011) εκχωρεί όλες τις δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των συνιστωσών που σχετίζονται με το κτίριο καθ' όлон τον κύκλο ζωής του (παραγωγή των υλικών, χρήση, τέλος ζωής κι επαναχρησιμοποίηση, δυνατότητα ανάκτησης και ανακύκλωσης) σε ένα σπονδυλωτό σύστημα. Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, η Φάση B6 αντιστοιχεί στη χρήση της λειτουργικής ενέργειας, δηλ. στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

Τα όρια της Φάσης B6 πρέπει να συμμορφώνονται με την EPBD μέσω της χρήσης του EN 15603 (2008) και πρέπει να περιλαμβάνουν την ενέργεια που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, παροχή ζεστού νερού χρήσης, αερισμό, φωτισμό και βοηθητικά συστήματα.

Η απλουστευμένη προσέγγιση που υιοθετήθηκε βασίζεται στα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του εγκατεστημένου σε αυτό εξοπλισμού. Δρομολογεί την ποσοτικοποίηση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη χώρου και παροχή ζεστού νερού χρήσης. Η ενεργειακή ανάγκη για μηχανικό αερισμό και φωτισμό δεν δρομολογείται, καθώς αυτά τα δύο στοιχεία δεν σχετίζονται άμεσα με το σύστημα κατασκευής που υιοθετήθηκε για το κτίριο. Ο υπολογισμός των καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση και ψύξη ακολουθεί μηνιαία οιονεί μέθοδο σταθερών συνθηκών που παρέχεται από το ISO 13790 (2008). Αυτό το πρότυπο καλύπτει όλες τις πτυχές των στοιχείων θέρμανσης που περιλαμβάνονται στους θερμικούς υπολογισμούς και παρέχει συντελεστές συσχέτισης προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι δυναμικές θερμικές επιπτώσεις. Οι ενεργειακές ανάγκες για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης υπολογίζονται σύμφωνα με το EN 15316-3-1 (2007).

3.3.2 Τοποθεσία κτιρίου και κλίμα

Προκειμένου να υπολογιστεί η λειτουργική ενέργεια ενός κτιρίου κατά το στάδιο χρήσης του, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι μεταβλητές οι οποίες σχετίζονται σε την θερμικής συμπεριφορά και την ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου που έχουν τον μεγαλύτερο αντίκτυπο.



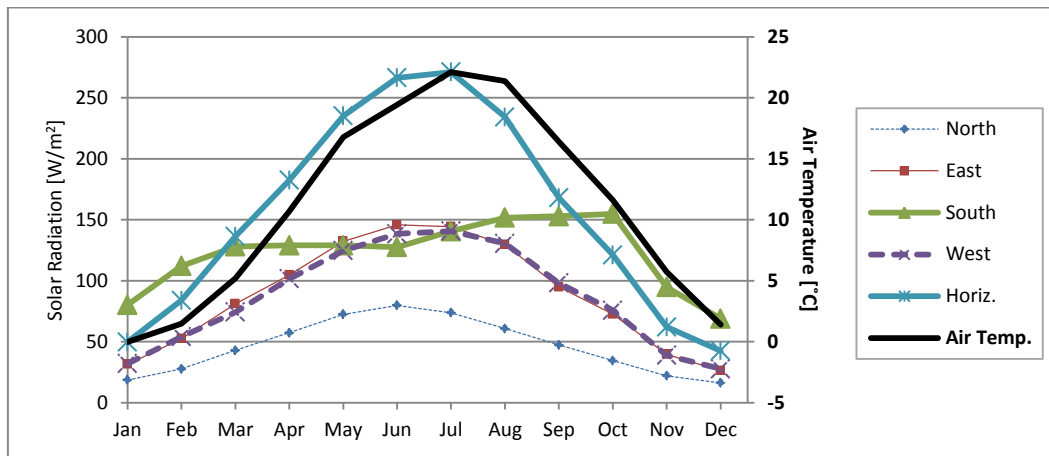
Εικ. 3.5: Οι κύριοι παράγοντες με τη μεγαλύτερη επιρροή στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων (Santos et al., 2012)

Οι παράμετροι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερα σύνολα τα οποία φέρουν τους τίτλους: κλίμα, κτιριακό κέλυφος, κτιριακές υπηρεσίες και ανθρώπινοι παράγοντες όπως φαίνεται στην Εικ. 3.5. Οι περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες λαμβάνονται υπόψη στον αλγόριθμο όπως περιγράφεται λεπτομερώς στις παραγράφους που ακολουθούν.

Η τοποθεσία του κτιρίου, όσον αφορά στις κλιματικές συνθήκες, έχει ζωτική σημασία για τους υπολογισμούς της θερμικής συμπεριφοράς (Santos et al., 2011, 2012). Όσον αφορά στο θέμα αυτό, δύο είναι οι κύριες κλιματικές παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός ενεργειακών αναγκών:

- i) Θερμοκρασία του αέρα.
- ii) Ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια με καθορισμένο προσανατολισμό.

Η Εικ. 3.6 γραφικά παρουσιάζει αυτά τα μέσα μηνιαία δεδομένα για την πόλη της Τιμισοάρα στη Ρουμανία.

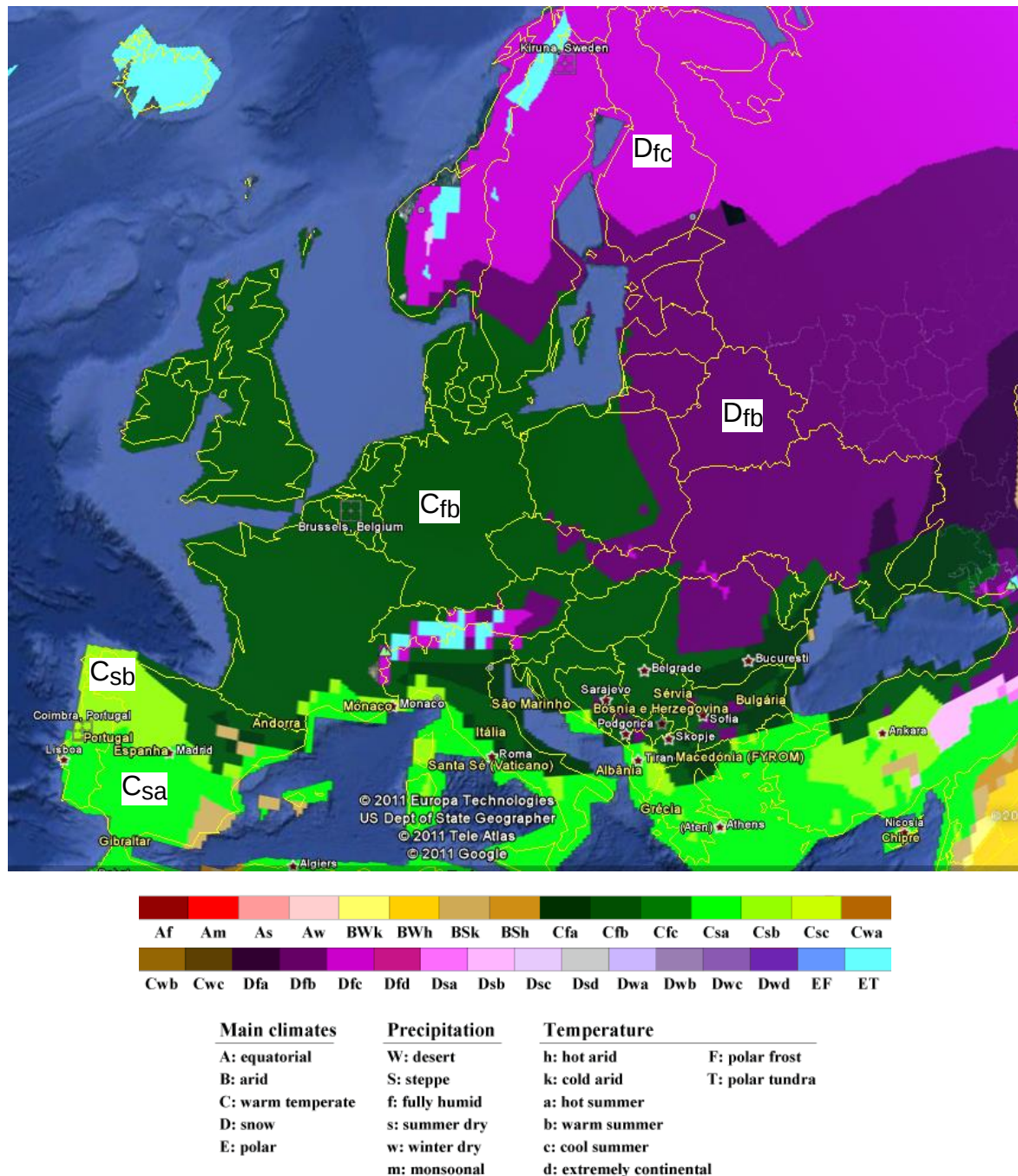


Εικ. 3.6: Μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία του αέρα και προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία: Τιμισοάρα (RO)

Η μεθοδολογία επί του παρόντος βαθμονομείται για πέντε κλιματικές περιοχές (κατηγοριοποιημένες σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger): (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc. Η κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger είναι ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα συστήματα κλιματικής ταξινόμησης (Kottek et al., 2006). Η Εικ. 3.7 παρουσιάζει την κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger για την Ευρώπη. Είναι προφανής η σημασία του γεωγραφικού πλάτους, του υψομέτρου και των ακτών σε σχέση με το κλίμα στις περιοχές αυτές. Σε περιοχές με χαμηλότερο γεωγραφικό πλάτος (κάτω των 45°N) (νότια Ευρώπη, π.χ. στις Μεσογειακές χώρες) το κλίμα χαρακτηρίζεται ως Csa και Csb, δηλ., “C – θερμή εύκρατη ζώνη” με “s – ξηρά θερινή περίοδος” και “a – θερμό καλοκαίρι” ή “b – ζεστό καλοκαίρι”.

Ανάμεσα σε αυτά τα γεωγραφικά πλάτη (μεταξύ 45-55°N), στις χώρες της Δυτικής Κεντρικής Ευρώπης, το κλίμα χαρακτηρίζεται κυρίως ως Cfb, δηλ., “C – θερμή εύκρατη ζώνη” με “f – πλήρως υγρό” και “b – ζεστό καλοκαίρι”. Στις χώρες της Ανατολικής Κεντρικής Ευρώπης (μακριά από τις ακτές του Ατλαντικού) το κλίμα χαρακτηρίζεται ως Dfb, δηλ., “D - χιονόπτωση” with “f – πλήρως υγρό” and “b – ζεστό καλοκαίρι”.

Σε περιοχές με ακόμα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη (άνω των 55°N), στις Σκανδιναβικές Ευρωπαϊκές χώρες, το κλίμα χαρακτηρίζεται πιο συχνά ως Dfc, δηλ., “D - χιονόπτωση” με “f – πλήρως υγρό” and “c – ψυχρό καλοκαίρι”. Αυτός ο τύπος κλίματος έχει κάποιες ομοιότητες με αυτόν που επικρατεί στις χώρες της Ανατολικής Κεντρικής Ευρώπης, ενώ βασική διαφορά τους αποτελεί η ψυχρότερη θερινή περίοδος.



Εικ. 3.7: Ευρωπαϊκός χάρτης της κλιματικής ταξινόμησης Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006; Google Earth, 2014).

Μία βάση δεδομένων με δεδομένα καιρού για διαφορετικές Ευρωπαϊκές τοποθεσίες θα εφαρμοστεί. Ο Πίνακας 3.8 παρουσιάζει μία λίστα 48 πόλεων για τις οποίες η εν λόγω πληροφορία έχει ήδη ληφθεί. Τα περισσότερα από αυτά τα στοιχεία για τον καιρό λήφθηκαν από την βάση δεδομένων καιρού του λογισμικού

ενεργειακής προσομοίωσης EnergyPlus (EERE-USDoE, 2014) και τα υπόλοιπα παραχωρήθηκαν από εταιρείες του ερευνητικού προγράμματος.

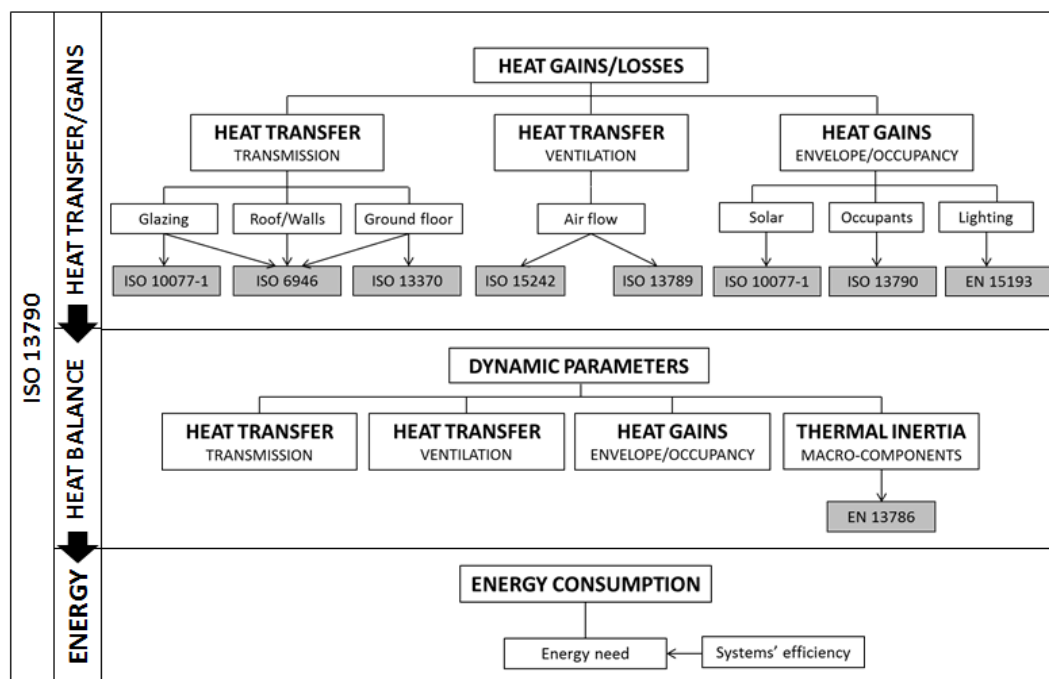
Πίνακας 3.8: Λίστα πόλεων με ληφθέντα δεδομένα καιρού.

City	Country	Climatic Region	Latitude
Amsterdam	Netherlands	Cfb	52
Ankara	Turkey	Csb	39
Arhanglesk	Russia	Dfc	64
Athens	Greece	Csa	37
Barcelona	Spain	Csa	41
Berlin	Germany	Cfb	52
Bilbao	Spain	Cfb	43
Bratislava	Slovakia	Cfb	48
Brussels	Belgium	Cfb	50
Bucharest	Romania	Cfa	44
Coimbra	Portugal	Csb	40
Genova	Italy	Csb	44
Graz	Austria	Dfb	47
Hamburg	Germany	Cfb	53
Helsinki	Finland	Dfb	60
Istanbul	Turkey	Csa	40
Kiev	Ukraine	Dfb	50
Kiruna	Sweden	Dfc	67
La Coruña	Spain	Csb	43
Lisbon	Portugal	Csa	38
Ljubljana	Slovenia	Cfb	46
London	England	Cfb	50
Madrid	Spain	Csa	40
Marseille	France	Csa	43
Milan	Italy	Cfb	45
Minsk	Belarus	Dfb	53
Montpellier	France	Csa	43
Moscow	Russia	Dfb	55
Munich	Germany	Cfb	48
Nantes	France	Cfb	47
Nice	France	Csb	43
Oslo	Norway	Dfb	59
Ostersund	Sweden	Dfc	63
Paris	France	Cfb	48
Porto	Portugal	Csb	41
Prague	Czech Republic	Cfb	50
Rome	Italy	Csa	41

Salamanca	Spain	Csb	40
Sanremo	Italy	Csb	43
Sevilla	Spain	Csa	37
Stockholm	Sweden	Dfb	59
Tampere	Finland	Dfc	61
Thessaloniki	Greece	Cfa	40
Timisoara	Romania	Cfb	45
Vienna	Austria	Dfb	48
Vigo	Spain	Csb	42
Warsaw	Poland	Dfb	52
Zurich	Switzerland	Cfb	47

3.3.3 Μέθοδος υπολογισμού ενεργειακής ζήτησης

Η προσέγγιση που υιοθετήθηκε δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών σε μηνιαία βάση για θέρμανση και ψύξη χώρου και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Προκειμένου να καθοριστεί η συνεισφορά κάθε όρου που συμμετέχει στους θερμικούς υπολογισμούς είναι απαραίτητη η επίκληση διαφόρων προτύπων αναφοράς, όπως φαίνεται στην Εικ. 3.8, για την ψύξη και θέρμανση χώρου.

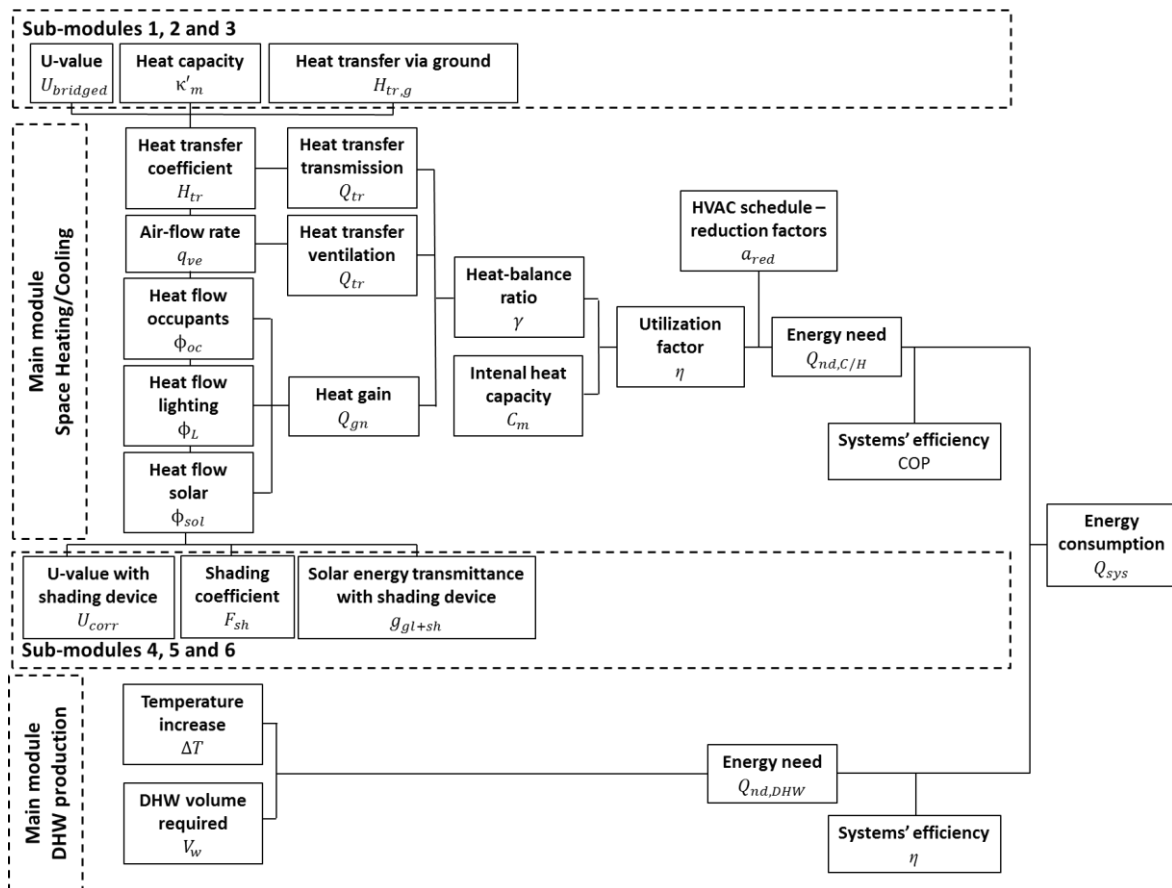


Εικ. 3.8: Διάγραμμα ροής του αλγορίθμου και τα πρότυπα αναφοράς για κλιματισμό χώρου.

Όπως παρατηρείται στην Εικ. 3.8, το ISO 13790 (2008), το οποίο είναι το βασικό πρότυπο που χρησιμοποιείται, αναθέτει συγκεκριμένους υπολογισμούς σε άλλα

πρότυπα. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία της παραγωγής του ζεστού νερού χρήσης στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, κυρίως σε κτίρια κατοικιών, είναι πολύ σημαντικό να υπολογιστεί η συνεισφορά του. Όπως προαναφέρθηκε, αυτό διενεργείται υπό την καθοδήγηση του EN 15316-3-1 (2007).

Η διαδικασία και η αρχιτεκτονική του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών παρουσιάζεται στην Εικ. 3.9.



Εικ. 3.9: Διάγραμμα ροής του υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

Τα υπο-στοιχεία (Sub-modules) 1 και 2, που αντιστοιχούν στην θερμική διαπερατότητα- U και την θερμοχωρητικότητα των στοιχείων του κελύφους έχουν ήδη υπολογιστεί για τα macro-στοιχεία που επιλέχθηκαν από τον χρήστη. Το υπο-στοιχείο 3 καλύπτει την μεταφορά θερμότητας μέσω του εδάφους. Τα υπο-στοιχεία 4, 5 και 6 κατευθύνουν τις υπορουτίνες που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των επιπτώσεων των διατάξεων σκίασης και της σκίασης που οφείλεται στο σχήμα της κάτοψης. Ωστόσο, μόνο οι παραλληλόγραμμες κατόψεις εξετάζονται στην τρέχουσα έκδοση του AMECO.

3.3.3.1 Ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη χώρου

Οι Εξ. (3.6) και Εξ. (3.7) είναι οι βασικές σχέσεις που ορίζονται στο ISO 13790 (2008) για την ποσοτικοποίηση των μηνιαίων, (m), ενεργειακών αναγκών θεωρώντας συνεχή, ($cont$), λειτουργία συστημάτων (βλ. στο ISO 13790 για την ονοματολογία):

$$Q_{H,nd,cont,m} = (Q_{H,tr,m} + Q_{H,ve,m}) - \eta_{H,gn,m} \cdot Q_{H,gn,m}$$

Εξ. (3.6)

$$Q_{C,nd,cont,m} = Q_{C,gn,m} - \eta_{C,ls,m} \cdot (Q_{C,tr,m} + Q_{C,ve,m})$$

Εξ. (3.7)

όπου,

$Q_{H,nd}$, ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης (kWh);

$Q_{C,nd}$, ενεργειακές ανάγκες ψύξης (kWh);

Q_{tr} , συνολική μεταφορά θερμότητας από μετάδοση (kWh);

Q_{ve} , συνολική μεταφορά θερμότητας από αερισμό (kWh);

$\eta_{H,gn}$, συντελεστής χρησιμοποίησης θερμικού κέρδους (-);

$\eta_{C,ls}$, συντελεστής χρησιμοποίησης θερμικών απωλειών (-).

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό όλων αυτών των συνιστωσών των ενεργειακών αναγκών αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

3.3.3.1.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Το ισοζύγιο θερμότητας του κτιρίου περιλαμβάνει όλους τους τύπους μεταφοράς θερμότητας από μετάδοση μέσω:

- (i) τοίχων;
- (ii) οροφής;
- (iii) δαπέδων εξωτερικού χώρου (αν υπάρχουν);
- (iv) παραθύρων (υαλοπίνακας + πλαίσιο);
- (v) ισογείου.

Η μεταφορά θερμότητας από μετάδοση μέσω των τύπων i) έως iv) διενεργείται λαμβάνοντας υπόψη τον μηχανισμό αγωγιμότητας χωρίς επίδραση μάζας (έμμεσα), κι ως εκ τούτου, η απώλεια ή το κέρδος θερμότητας είναι ανάλογα της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού κι εξωτερικού περιβάλλοντος και του συντελεστή θερμικής μετάδοσης του στοιχείου, όπως προκύπτει από τις Εξ. (3.8), Εξ. (3.9) και Εξ. (3.10). Η μεταφορά θερμότητας από μετάδοση στο έδαφος περιλαμβάνει έμμεσα την επίδραση της αδράνειας του εδάφους. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας υπολογίζεται μέσω διαφορετικής προσέγγισης σε σχέση με τα άλλα στοιχεία, Εξ. (3.11).

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Εξ. (3.8)

$$H_{tr,adj} = H_{D,W} + H_{D,R} + H_{D,EF} + H_{D,Gl} + H_{GF}$$

Εξ. (3.9)

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i$$

Εξ. (3.10)

$$H_{GF} = b_{tr,g} \cdot A_i \cdot U_{GF}$$

Εξ. (3.11)

όπου,

 Q_{tr} , συνολική μεταφορά θερμότητας από μετάδοση (kWh); $H_{tr,adj}$, ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/K); $\theta_{int,sec,H}$ και $\theta_{int,sec,C}$, θερμοκρασίες αναφοράς της ζώνης του κτιρίου για καταστάσεις θέρμανσης και ψύξης, αντίστοιχα (°C); t , η διάρκεια σε μήνες που δίνεται στο ISO 13790 (Ms); H_D , συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από μετάδοση στο εξωτερικό περιβάλλον (W/K), μέσω: τοίχων, $H_{D,W}$; οροφής, $H_{D,R}$; δαπέδων εξωτερικού χώρου, $H_{D,EF}$; παραθύρων, $H_{D,Gl}$; H_{GF} , συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από μετάδοση στο έδαφος (W/K); $b_{tr,g}$, μηνιαίος διορθωτικός συντελεστής εδάφους (W/K); A_i , επιφάνεια του στοιχείου i (m²); U_i , θερμική διαπερατότητα του στοιχείου i (W/m².K); U_{GF} , θερμική διαπερατότητα του στοιχείου του συστήματος πλάκα-έδαφος (W/m².K).

Οι συσχετισμένες με τον χρόνο τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς λήφθηκαν από το ISO13790 και παρουσιάζονται στον Πίνακα Πίνακας 3.9.

Πίνακας 3.9: Τιμές συσχετισμένες με τον χρόνο

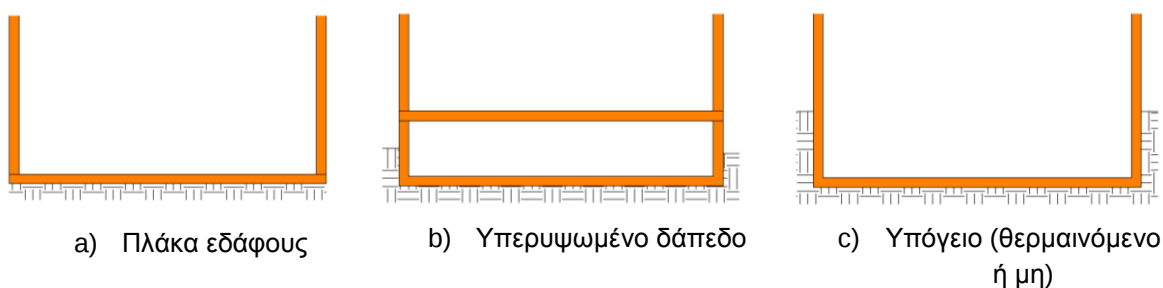
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Διάρκεια Μήνα , t (Ms)	2.6784	2.4192	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784
Αρ. Ημερών Μήνα	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

(days)												
Αρ. Ημερών Λειτουργίας (days)	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22

Όλοι οι συντελεστές θερμικής μετάδοσης, εκτός από αυτόν που αναφέρεται στη μεταφορά θερμότητας μέσω του εδάφους, υπολογίζονται σύμφωνα με το EN ISO 6946:2007.

Μεταφορά θερμότητας στο έδαφος

Η μεταφορά θερμότητας στο έδαφος ποσοτικοποιείται διαφορετικά για κάθε τύπο συστημάτων ισογείου που παρουσιάζονται στην Εικ. 3.10.



Εικ. 3.10: Τύποι ισογείων

Η διαδικασία ποσοτικοποίησης διενεργείται υπό την καθοδήγηση του ISO 13370:2007. Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται στο (ή από) το έδαφος υπολογίζεται τροποποιώντας τον συντελεστή θερμικής μετάδοσης, προκειμένου να ληφθεί υπόψη και η επιπλέον μόνωση που παρέχεται από το έδαφος. Επιπλέον, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας τροποποιείται για να συμπεριλάβει τον μηνιαίο ρυθμό ροής θερμότητας, ο οποίος υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της αδράνειας του εδάφους. Οι θερμικές ιδιότητες του εδάφους που υιοθετήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα Πίνακας 3.10.

Πίνακας 3.10: Θερμικές ιδιότητες εδάφους (ISO 13370:2007)

	Θερμική αγωγιμότητα λ [W/(m·K)]	Θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου ρc [MJ/(m ³ ·K)]
Πηλός ή άργιλος	1.5	3.00
Άμμος ή αμμοχάλικο	2.0	2.00
Ομογενές πέτρωμα	3.5	2.00
Προεπιλεγμένες τιμές	2.0	2.00

Μεταφορά θερμότητας μέσω παραθύρων

Ο αλγόριθμος περιέχει μία βάση δεδομένων με μέσες τιμές οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων για διάφορους τύπους παραθύρων (EN 15193) όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.11, όπου $g_{gl,n}$ η μετάδοση ηλιακής ενέργειας για ακτινοβολία κάθετη στους υαλοπίνακες και η θερμική μετάδοση του παραθύρου.

Πίνακας 3.11: Προεπιλεγμένες τιμές οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων των παραθύρων

Τύπος ανοίγματος	$g_{gl,n}$	U_{Gl}
Μονό τζάμι	0.87	5.8
Διπλό τζάμι	0.78	2.9
Διπλό τζάμι χαμηλής εκπομπής 1	0.72	1.7
Διπλό τζάμι χαμηλής εκπομπής 2	0.67	1.4
Διπλό τζάμι χαμηλής εκπομπής 3	0.65	1.2
Τριπλό τζάμι	0.7	2.0
Τριπλό τζάμι χαμηλής εκπομπής 1	0.5	0.8
Τριπλό τζάμι χαμηλής εκπομπής 2	0.5	0.6

Η μετάδοση θερμότητας μέσω παραθύρων υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την Εξ. (3.10). Ωστόσο, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η θετική επίδραση των διατάξεων σκίασης που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας, είναι απαραίτητη η τροποποίηση του συντελεστή θερμικής μετάδοσης. Η διορθωμένη θερμική μετάδοση, $U_{Gl,corr}$ σε $W/m^2 \cdot K$, λαμβάνεται από:

$$U_{Gl,corr} = U_{Gl+shut} \cdot f_{shut} + U_{Gl} \cdot (1 - f_{shut})$$

Εξ. (3.12)

όπου,

$U_{Gl+shut}$, η θερμική μετάδοση παραθύρου και παραθυρόφυλλων μαζί ($W/m^2 \cdot K$);

f_{shut} , αδιάστατο κλάσμα της συσσωρευμένης θερμοκρασιακής διαφοράς για την περίοδο με παραθυρόφυλλο;

U_{Gl} , θερμική μετάδοση του παραθύρου χωρίς παραθυρόφυλλο.

Η θερμική μετάδοση του παραθύρου με σύστημα σκίασης ενεργό, $U_{Gl+shut}$, υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$U_{Gl+shut} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Gl}} + R_{sh} + \Delta R}$$

Εξ. (3.13)

όπου,

 R_{sh} , η θερμική αντίσταση του παραθυρόφυλλου ($m^2 \cdot K/W$); ΔR , επιπλέον θερμική αντίσταση σε συγκεκριμένη διαπερατότητα αέρα του παραθυρόφυλλου ($m^2 \cdot K/W$).

Στον αλγόριθμο, παρέχονται προεπιλεγμένες τιμές για τις R_{sh} και ΔR , οι οποίες προέρχονται από το ISO 10077-1 (2007). Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από το είδος του υλικού του σκιάστρου και τη διαπερατότητά του σε αέρα, όπως φαίνεται στον Πίνακας 3.12.

Πίνακας 3.12 – Θερμική αντίσταση των σκιάστρων των παραθύρων

Τύπος σκιάστρου	R_{sh} [$m^2 \cdot K/W$]	Διαπερατότητα αέρα		
		Υψηλή/Πολύ υψηλή	Μέση	Χαμηλή
		ΔR [$m^2 \cdot K/W$]		
Εξωτερικά ρολά αλουμινίου (χωρίς μόνωση)	0.01	0.00	0.12	0.00
Εξωτερικό ξύλινο αδιαφανές σύστημα (χωρίς μόνωση)	0.10	0.00	0.16	0.00
Εξωτερικά ξύλινα ρολά (χωρίς μόνωση)	0.10	0.00	0.16	0.00
Εξωτερικά πλαστικά ρολά (χωρίς μόνωση)	0.10	0.00	0.16	0.00
Εξωτερικές ξύλινες περσίδες	0.01	0.09	0.00	0.00
Εξωτερικές μεταλλικές περσίδες	0.01	0.09	0.00	0.00
Εξωτερικές αδιαφανείς περσίδες ρολό	0.01	0.09	0.00	0.00
Εξωτερικές ημιδιαφανείς περσίδες ρολό	0.01	0.09	0.00	0.00
Εσωτερική σκίαση	0.01	0.00	0.00	0.24
Εσωτερικές αδιαφανείς κουρτίνες	0.00	0.00	0.00	0.00
Εσωτερικές διαφανείς κουρτίνες	0.00	0.00	0.00	0.00
Εσωτερικό ξύλινο αδιαφανές σύστημα	0.10	0.00	0.00	0.31
Πλαστικά παραθυρόφυλλα με πλήρωση αφρού	0.15	0.00	0.19	0.00
Ξύλινα παραθυρόφυλλα, πάχους 25mm - 30mm	0.20	0.00	0.22	0.00

Το αδιάστατο κλάσμα της συσσωρευμένης θερμοκρασιακής διαφοράς για περίοδο με παραθυρόφυλλο, f_{shut} , που παρουσιάζεται στο υπολογιστικό εργαλείο προκύπτει από ωριαίες τιμές. Θεωρήθηκε ίσο με το νυχτερινό κλάσμα (νυχτερινή προστασία).

3.3.3.1.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΕΡΙΣΜΟ

Ένα τύπος παθητικών τεχνικών ψύξης/θέρμανσης είναι ο καθορισμός των πιο ευνοϊκών συνθηκών αερισμού στο κτίριο προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η θερμική απόδοσή του. Κατά τη χειμερινή περίοδο είναι προτιμότερο να μειωθεί η ροή του αέρα αερισμού, προκειμένου να μειωθούν οι θερμικές απώλειες, ενώ κατά τους θερινούς μήνες θα ήταν επωφελές να αυξηθούν οι εναλλαγές εσωτερικού αέρα, εφόσον η εξωτερική θερμοκρασία είναι θετική στο να επωφεληθεί από αυτή την παθητική τεχνική. Ως εκ τούτου, ο αλγόριθμος επιτρέπει τον καθορισμό διαφορετικών ρυθμών ροής αέρα θέρμανσης και ψύξης.

Η μεθοδολογία προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μεταφορά θερμότητας με αερισμό προβλέπεται στο πρότυπο ISO 13790:2008, ρήτρα 9.3 και παρουσιάζεται στους ακόλουθους τύπους,

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Εξ. (3.14)

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right)$$

Εξ. (3.15)

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}$$

Εξ. (3.16)

όπου,

$\rho_a \cdot c_a$, η θερμοχωρητικότητα του αέρα ανά μονάδα όγκου (J/m³.K);

$q_{ve,k,mn}$, ο ρυθμός μέσου χρόνου ροής αέρα του στοιχείου k (m³/s);

$b_{ve,k}$, ο συντελεστής ρύθμισης της θερμοκρασίας του στοιχείου k ροής αέρα (-).

Εάν δεν υπάρχει σύστημα προ-θέρμανσης (π.χ. μονάδα ανάκτησης θερμότητας), τότε ο συντελεστής ρύθμισης της θερμοκρασίας, $b_{ve,k}$, ισούται με 1. Στην περίπτωση ενός κτιρίου εξοπλισμένου με μονάδα ανάκτησης θερμότητας:

$$b_{ve,k} = (1 - f_{ve,frac,k} \cdot \eta_{hru})$$

Εξ. (3.17)

όπου,

$f_{ve,frac,k}$, το κλάσμα της ροής αέρα στοιχείου k που περνά μέσα από τη μονάδα ανάκτησης θερμότητας;

$\eta_{hr,u}$, η απόδοση της μονάδας ανάκτησης θερμότητας.

3.3.3.1.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Η θερμότητα που παράγεται από τους ενοίκους και τις συσκευές υπολογίζεται μέσω των εσωτερικών κερδών. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου. Ο αλγόριθμος έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη τα δεδομένα που προέρχονται από τον χρήστη ή τις προεπιλεγμένες τιμές (όπως αυτές λαμβάνονται από το ISO 13790:2008) που αποτελούνται από ένα χρονοδιάγραμμα εβδομαδιαίας εκμετάλλευσης και τον αντίστοιχο ρυθμό ροής θερμότητας. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των θερμικών κερδών που οφείλονται σε πηγές θερμότητας είναι:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Εξ. (3.18)

όπου,

$\Phi_{int,mn,k}$, ο ρυθμός μέσου χρόνου ροής θερμότητας από εσωτερική πηγή k (W);

$\Phi_{int,mn,u,l}$, ο ρυθμός μέσου χρόνου ροής θερμότητας από εσωτερική πηγή l σε παρακείμενο μη κλιματιζόμενο χώρο (W);

$b_{tr,l}$, συντελεστής μείωσης για παρακείμενο μη κλιματιζόμενο χώρο;

t , διάρκεια μήνα (Ms).

Οι εσωτερικές ροές θερμότητας σε ένα κτίριο μπορούν να προέρχονται από: i) τους ενοίκους; ii) τις συσκευές. Στον Πίνακα Πίνακας 3.13 παρουσιάζονται οι τιμές αναφοράς για ροή θερμότητας από ενοίκους και συσκευές.

Πίνακας 3.13 – Ρυθμός ροής θερμότητας από ενοίκους και συσκευές σε κτίρια κατοικιών; χρονοδιαγράμματα (από ISO 13790:2008)

Ημέρες	Ώρες	Καθιστικό και Κουζίνα ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]	Άλλοι χώροι που κλιματίζονται (e.g. bedrooms) ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]
Δευτέρα έως Παρασκευή	07:00 to 17:00	8.0	1.0
	17:00 to 23:00	20.0	1.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0
Σάββατο και Κυριακή	07:00 to 17:00	8.0	2.0
	17:00 to 23:00	20.0	4.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0

3.3.3.1.4 ΗΛΙΑΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Αυτό το είδος θερμικών κερδών αποτελεί μία ακόμα σημαντική μεταβλητή στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου. Ο γενικός τύπος υπολογισμού τους είναι:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Εξ. (3.19)

όπου,

$\Phi_{sol,mn,k}$, ο ρυθμός μέσου χρόνου ροής θερμότητας από ηλιακή πηγή θερμότητας k (W);

$\Phi_{sol,mn,u,l}$, ο ρυθμός μέσου χρόνου ροής θερμότητας από ηλιακή πηγή θερμότητας l σε παρακείμενο μη κλιματιζόμενο χώρο (W);

$b_{tr,l}$, ο συντελεστής μείωσης για παρακείμενο μη κλιματιζόμενο χώρο;

t , διάρκεια μήνα (Ms).

Είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της ενεργούς επιφάνειας συλλογής κάθε στοιχείου που δέχεται ηλιακή ακτινοβολία. Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται στο ISO 13790 (2008) δίνουν τη δυνατότητα να ληφθεί υπόψη η επίδραση των συστημάτων σκίασης, σκίαση που οφείλεται στο ίδιο το κτίριο και σε άλλα φαινόμενα εξαρτώμενα από το κλίμα. Το θέμα αυτό αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

Η ροή θερμότητας από ηλιακά κέρδη προκύπτει από,

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}$$

Εξ. (3.20)

όπου,

$F_{sh,ob,k}$, συντελεστής μείωσης σκίασης λόγω εξωτερικού εμποδίου (-);

$A_{sol,k}$, δρούσα συλλεκτική επιφάνεια στοιχείου k (-);

$I_{sol,k}$, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας συλλογής k (W/m²);

$F_{r,k}$, συντελεστής μορφής μεταξύ του στοιχείου του κτιρίου k και του ουρανού (-);

$\Phi_{r,k}$, επιπλέον ροή θερμότητας που οφείλεται στην θερμική ακτινοβολία προς τον ουρανό από το στοιχείο k (W/m²).

Ο συντελεστής μείωσης της σκίασης λόγω εξωτερικών εμποδίων, $F_{sh,ob,k}$, παραλείπεται στην έκδοση του AMECO. Η δρούσα συλλεκτική επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας των υαλοστασίων υπολογίζεται από,

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}$$

Eq. (3.21)

where,

$F_{sh,gl}$, συντελεστής μείωσης σκίασης για κινητές διατάξεις σκίασης (-);

g_{gl} , συνολική διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας από διαφανές τμήμα του στοιχείου (-);

F_F , συντελεστής πλαισίου παραθύρου (-);

$A_{w,p}$, ολική επιφάνεια παραθύρου (m^2).

Είναι δυνατόν να ληφθεί υπόψη η θετική επίδραση (κατά την ψυχρή περίοδο, για παράδειγμα) των συστημάτων σκίασης που εφαρμόζονται στα παράθυρα. Γι' αυτό είναι απαραίτητος ο καθορισμός του συντελεστή σκίασης από την εν λόγω διάταξη σκίασης από,

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Εξ. (3.22)

όπου,

g_{gl+sh} , συνολική διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας από παράθυρο με ενεργό σύστημα σκίασης;

$f_{sh,with}$, σταθμισμένο κλάσμα του χρόνου με συσκευή σκίασης σε χρήση.

Οι τιμές που υιοθετήθηκαν για την διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας παραθύρου με ενεργό σύστημα σκίασης, g_{gl+sh} , παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.14 και λήφθηκαν από τον RCCTE (2006).

Πίνακας 3.14: Διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας παραθύρου με ενεργό σύστημα σκίασης, g_{gl+sh}

Τύπος συστήματος σκίασης	Χρώμα συστήματος σκίασης		
	Ανοιχτό	Ενδιάμεσο	Σκούρο
Εξωτερικό ξύλινο αδιαφανές σύστημα (χωρίς μόνωση)	0.03	0.05	0.06
Εξωτερικά ξύλινα ρολά (χωρίς μόνωση)	0.04	0.05	0.07
Εξωτερικά ρολά αλουμινίου (χωρίς μόνωση)	0.04	0.07	0.09
Εξωτερικά πλαστικά ρολά (χωρίς μόνωση)	0.04	0.07	0.09
Εξωτερικές ξύλινες περσίδες	0.08	0.08	0.08
Εξωτερικές μεταλικές περσίδες	0.09	0.09	0.09
Εξωτερικές αδιαφανείς περσίδες ρολό	0.04	0.06	0.08
Εξωτερικές ημιδιαφανείς περσίδες ρολό	0.16	0.18	0.2
Εσωτερική σκίαση	0.47	0.59	0.69
Εσωτερικές αδιαφανείς κουρτίνες	0.37	0.46	0.55
Εσωτερικές διαφανείς κουρτίνες	0.39	0.48	0.58
Εσωτερικό ξύλινο αδιαφανές σύστημα	0.35	0.46	0.58
Εξωτερικά πλαστικά ρολά (με μόνωση)	0.04	0.07	0.09
Ξύλινα παραθυρόφυλλα, πάχους 25mm - 30mm	0.04	0.05	0.07

Το σταθμισμένο κλάσμα του χρόνου με σκίαση σε χρήση, $f_{sh,with}$, υπολογίζεται για κάθε προσανατολισμό και βασίζεται σε ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας (που καθορίζονται με χρήση του *EnergyPlus*, το οποίο στηρίζεται στο μοντέλο Perez για την διεξαγωγή υπολογισμών ηλιακής ακτινοβολίας). Πρόκειται για το κλάσμα του χρόνου που η ηλιακή ακτινοβολία ξεπερνά ένα σημείο αναφοράς σε δεδομένο προσανατολισμό.

Στην περίπτωση ενός παραθύρου με υαλοπίνακα χωρίς ιδιότητες σκέδασης και χωρίς διάταξη σκίασης, η ολική διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας, g_{gl} , υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w$$

Εξ. (3.23)

όπου,

F_w , ο διορθωτικός συντελεστής για υαλοπίνακα χωρίς ιδιότητες σκέδασης(-);

$g_{gl,n}$, διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας για ακτινοβολία κάθετη στον υαλοπίνακα ή SHGC (-).

Ωστόσο, αν έχουν εφαρμοστεί συστήματα σκίασης στο παράθυρο, ή αν το γυαλί εμφανίζει ιδιότητες σκεδασμού, τότε είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ηλιακής

διαπερατότητας μέσου χρόνου βασιζόμενη σε σταθμισμένο άθροισμα των κλασμάτων της άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας. Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται σε μηνιαία βάση από την Εξ.(3.24).

$$g_{gl} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt} + (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif}$$

Εξ. (3.24)

$$alt_g = \frac{\sum_1^n \alpha_i \cdot I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{dir,i}}$$

Εξ. (3.25)

$$a_{gl} = \frac{\sum_1^n I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{sol,i}}$$

Εξ. (3.26)

όπου,

a_{gl} , σταθμισμένος συντελεστής που εξαρτάται από την θέση (προσανατολισμός και γωνία κλίσης) του παραθύρου, το κλίμα και την εποχή (-);

$g_{gl,alt}$, διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας για ηλιακή ακτινοβολία από δεδομένη γωνία υψομέτρου, alt_{gl} , αντιπροσωπευτική της θέσης (προσανατολισμός και γωνία κλίσης) του παραθύρου, του κλίματος και της εποχής (-);

$g_{gl,dif}$, διαπερατότητα ηλιακής ενέργειας διάχυτης ισοτροπικά ηλιακής ακτινοβολίας (-);

$I_{dir,i}$, άμεση μέση ηλιακή ακτινοβολία την ώρα i (W/m^2);

I_{sol} , ολική μέση ηλιακή ακτινοβολία την ώρα i (W/m^2);

α_i , γωνία πρόσπτωσης (°);

n , αριθμός ωρών στο μήνα.

Η άμεση και ολική ηλιακή ακτινοβολία και η γωνία πρόσπτωσης, $I_{dir,i}$, I_{sol} και α_i , αντίστοιχα, λήφθηκαν από το *EnergyPlus*, το οποίο στηρίζεται στο μοντέλο Perez για την διεξαγωγή υπολογισμών ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο συντελεστής πλαισίου παραθύρου, F_F , υπολογίζεται μέσω των προτύπων ISO 10077-1 (2006). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις τιμές 0.2 ή 0.3 όποια από τις δύο δίνει τη μέγιστη τιμή διαπερατότητας για το παράθυρο. Υιοθετήθηκε η

προεπιλεγμένη τιμή, 0.3, για συνθήκες όπου κυριαρχεί η θέρμανση (ISO 13790, σημείωση της ρήτρας 11.4.5).

Η ολική επιφάνεια παραθύρου, $A_{w,p}$, περιλαμβάνει τον υαλοπίνακα και το πλαίσιο, καθώς οι θερμικές ιδιότητες του παραθύρου που εκχωρούνται στο υπολογιστικό εργαλείο αφορούν στο στοιχείο του παραθύρου σαν όλον (υαλοπίνακας και πλαίσιο). Επιπλέον, η μεθοδολογία αυτή συνιστάται και από το ISO 13789:2007 στο Παράρτημα Β.

Η δρούσα συλλεκτική επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας των αδιαφανών στοιχείων υπολογίζεται από την εξίσωση,

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$$

Εξ. (3.27)

όπου,

$\alpha_{s,c}$, αδιάστατος συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας αδιαφανούς στοιχείου;

R_{se} , συντελεστής θερμικής αντίστασης εξωτερικής επιφάνειας αδιαφανούς στοιχείου, ληφθείς από το ISO 6946:2007 ($m^2 \cdot K/W$);

U_c , θερμική διαπερατότητα του αδιαφανούς στοιχείου, υπολογισμένη σύμφωνα με το ISO 6946:2007 ($W/m^2 \cdot K$);

A_c , επιφάνεια (σε ένα επίπεδο παράλληλο στην επιφάνεια) του αδιαφανούς στοιχείου (m^2);

Ο αδιάστατος συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του αδιαφανούς στοιχείου όπως παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.15: Συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας αδιαφανούς στοιχείου (RCCTE, 2006)

Χρώμα	$\alpha_{s,c}$
Ανοιχτό	0.3
Ενδιάμεσο	0.5
Σκούρο	0.8

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, $I_{sol,k}$, είναι μία μέση τιμή για το χρονικό βήμα του μήνα υπολογισμού. Είναι εμφανές ότι το μέγεθος αυτό εξαρτάται από το κλίμα, το γεωγραφικό πλάτος και την θέση (προσανατολισμός και κλίση).

Ο συντελεστής μορφής μεταξύ του στοιχείου και του ουρανού, $F_{r,k}$, λαμβάνει τις τιμές 1.0 και 0.5 για οριζόντια και κάθετα στοιχεία αντίστοιχα χωρίς σκίαση.

Η θερμική ακτινοβολία προς τον ουρανό, $\Phi_{r,k}$, υπολογίζεται στα ηλιακά κέρδη. Ωστόσο, πρόκειται για μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία που οφείλεται στην θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του στοιχείου (με την παραδοχή ότι αυτή ισούται με την εξωτερική θερμοκρασία) και του θόλου του ουρανού. Η Εξ.(3.28) παρέχει τον τρόπο υπολογισμού του συγκεκριμένου φαινομένου μεταφοράς θερμότητας.

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}$$

Εξ. (3.28)

όπου,

h_r , εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία ($W/m^2.K$);

$\Delta\theta_{er}$, μέση διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα και της φαινομενικής θερμοκρασίας του ουρανού ($^{\circ}C$).

Το πρότυπο ISO 13790:2008 αξιώνει ότι ο εξωτερικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία, h_r ($W/m^2.K$), μπορεί να ληφθεί ίσος με 5.ε (όπου ε η εκπομπή του υλικού), που αντιστοιχεί σε μία μέση θερμοκρασία $10^{\circ}C$ της θερμοκρασίας επιφάνειας και της θερμοκρασίας του ουρανού.

Σύμφωνα με το ISO 13790 (ρήτρα 11.4.6) η μέση διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα και της φαινομενικής θερμοκρασίας του ουρανού, $\Delta\theta_{er}$, μπορεί να λάβει την τιμή των $9^{\circ}C$ σε υποαρκτικές περιοχές, των $13^{\circ}C$ σε τροπικές περιοχές και των $11^{\circ}C$ σε ενδιάμεσες ζώνες.

3.3.3.1.5 ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Για την λειτουργία θέρμανσης, ο συντελεστής χρησιμοποίησης θερμικού κέρδους, $\eta_{H,gn,m}$, δίνεται από τις εξισώσεις που ακολουθούν:

$$\text{Εάν } \gamma_H > 0 \text{ και } \gamma_H \neq 1, \text{ τότε:} \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

Εξ. (3.29)

$$\text{Εάν } \gamma_H = 1, \text{ τότε:} \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}$$

Εξ. (3.30)

$$\text{Εάν } \gamma_H < 0, \text{ τότε: } \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H}$$

Εξ. (3.31)

όπου,

 $\gamma_H = Q_{H,gn}/Q_{H,ht}$ ο λόγος θερμικού ισοζυγίου;

 $a_{H,0} = a_{H,0} + \tau/\tau_{H,0}$ μία αδιάστατη παράμετρος;

 $\tau = C_m/H$ η χρονική σταθερά της κτιριακής ζώνης και λαμβάνει υπόψη τη θερμική αδράνεια του κτιρίου και τη μεταφορά θερμότητας από μετάδοση και με αερισμό;

 $a_{H,0}$ και $\tau_{H,0}$ αδιάστατες παράμετροι, οι οποίες παίρνουν την τιμή 1 και 15, αντίστοιχα (τιμές από ISO 13790).

Ο μηνιαίος συντελεστής χρησιμοποίησης για τη λειτουργία ψύξης υπολογίζεται μέσω ενός από τους ακόλουθους τύπους:

$$\text{Εάν } \gamma_C > 0 \text{ και } \gamma_C \neq 1, \text{ τότε: } \eta_{C,Is} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}$$

Εξ. (3.32)

$$\text{Εάν } \gamma_C = 1, \text{ τότε: } \eta_{C,Is} = \frac{a_C}{a_C+1}$$

Εξ. (3.33)

$$\text{Εάν } \gamma_C < 0, \text{ τότε: } \eta_{C,Is} = 1$$

Εξ. (3.34)

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συντελεστών χρησιμοποίησης είναι παρόμοιες με αυτές που παρουσιάστηκαν για την λειτουργία θέρμανσης, αλλά με τις τιμές που αντιστοιχούν στη λειτουργία ψύξης (οι αδιάστατες παράμετροι $a_{C,0}$ και $\tau_{C,0}$ λαμβάνονται επίσης ίσες με 1 και 15 στο ISO 13790, αντίστοιχα).

Η εσωτερική μάζα του κτιρίου εισάγεται στους υπολογισμούς μέσω της χρονικής σταθεράς της κτιριακής ζώνης, τ , η οποία εκφράζεται σε ώρες. Η τιμή αυτή προκύπτει από,

$$\tau = \frac{C_m}{3600 \cdot (H_{tr,adj} + H_{ve,adj})}$$

Εξ. (3.35)

όπου,

C_m , εσωτερική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου ή της κτιριακής ζώνης (J/K);

$H_{tr,adj}$, αντιπροσωπευτικός ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας όπως προκύπτει από την Εξ. (3.9);

$H_{ve,adj}$, αντιπροσωπευτικός ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας όπως προκύπτει από την Εξ. (3.15).

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου, C_m (J/K), υπολογίστηκε ως το άθροισμα των θερμοχωρητικοτήτων όλων των δομικών στοιχείων του κτιρίου που βρίσκονται σε άμεση θερμική επαφή με τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου (ISO 13790), όπως δίνεται από την εξίσωση,

$$C_m = \sum_j k_j \cdot A_j$$

Εξ. (3.36)

όπου,

k_j η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά επιφάνεια δομικού στοιχείου του κτιρίου j (J/K.m²);

A_j η επιφάνεια του δομικού στοιχείου του κτιρίου j (m²).

Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά επιφάνεια, k_j , υπολογίστηκε για κάθε macro-στοιχείο υπό την καθοδήγηση του προτύπου EN ISO 13786:2007, Παράρτημα Α, το οποίο προβλέπει μια απλουστευμένη μέθοδο για την αξιολόγηση αυτή.

Προκειμένου να καθοριστεί η εσωτερική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου με έναν άμεσο τρόπο, το ISO 13790 παρέχει προεπιλεγμένες τιμές ανά τετραγωνικό μέτρο μιας δεδομένης κτιριακής κλάσης. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.16 για την μηνιαία και ετήσια μέθοδο.

Πίνακας 3.16 – Προεπιλεγμένες τιμές εσωτερικής θερμοχωρητικότητας (ISO 13790, 2008)

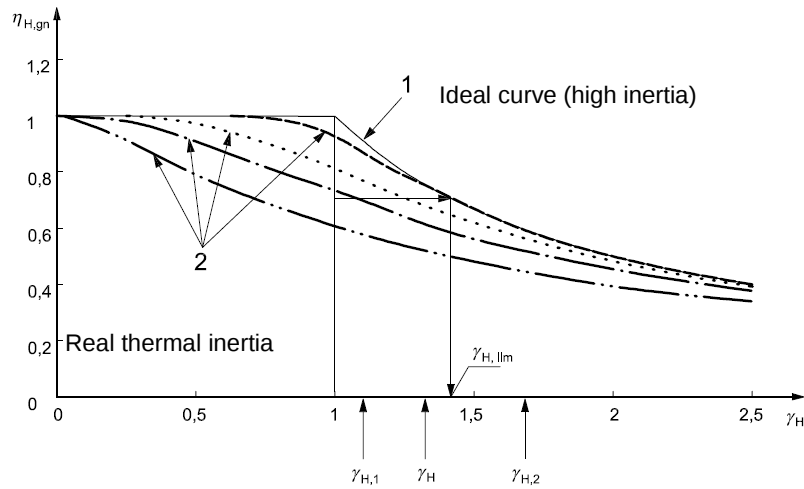
Κλάση	C_m [J/K]
Πολύ ελαφριά	80000. A_f
Ελαφριά	110000. A_f
Μέση	165000. A_f
Βαριά	260000. A_f
Πολύ βαριά	370000. A_f
A_f - η επιφάνεια του δαπέδου	

Διάρκεια των μηνών θέρμανσης και ψύξης

Προκειμένου να γίνει μία εκτίμηση των μηνών με ενεργειακές ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη, το ISO 13790 παρέχει δύο μεθόδους για την ενίσχυση του σκοπού αυτού, οι οποίες βασίζονται στον λόγο θερμικού ισοζυγίου και στις αδιάστατες παραμέτρους a_c και a_H . Αν και το προαναφερθέν πρότυπο προτείνει δύο μεθόδους, μόνο η λεπτομερής παρουσιάζεται εδώ (ρήτρα 7.4.1.1 – μέθοδος b), καθώς είναι εφικτή η ενσωμάτωσή της στο εργαλείο υπολογισμού.

Κατάσταση θέρμανσης:

Η εκτίμηση του κλάσματος του μήνα όποτε και υπάρχει ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση του χώρου, ξεκινά με τον υπολογισμό ενός ιδανικού λόγου θερμικού ισοζυγίου, $\gamma_{H,lim}$, ο οποίος αντιστοιχεί σε έναν ιδανικό συντελεστή χρησιμοποίησης κέρδους, $\eta_{H,gn}$. Ο τελευταίος λαμβάνει την τιμή που μηδενίζει την ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση του χώρου. Ο συλλογισμός αυτός πηγάζει από το ιδανικό κτίριο με άπειρη θερμική αδράνεια, όπου $\gamma_{H,lim} = 1.0$ και συνεπώς $\eta_{H,gn} = 1.0$. Καθώς ένα πραγματικό κτίριο χαρακτηρίζεται από πεπερασμένη θερμική αδράνεια, δεν είναι όλα τα θερμικά κέρδη αποτελεσματικά να θερμάνουν το χώρο και να συνεισφέρουν στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε επίπεδα θερμοκρασίας άνεσης (λόγω της υπερθέρμανσης). Ως εκ τούτου, ο συντελεστής χρησιμοποίησης κέρδους είναι χαμηλότερος και είναι απαραίτητο να υπάρχουν περισσότερα κέρδη προς εξισορρόπηση του θερμικού ισοζυγίου για να γίνει μηδενική η ανάγκη σε ενέργεια. Ο συλλογισμός αυτός δεν είναι έγκυρος για τη μεταφορά θερμότητας (εάν ο λόγος θερμικού ισοζυγίου είναι μικρότερος από 1, σημαίνει ότι η μεταφορά θερμότητας είναι υψηλότερη από τα θερμικά κέρδη. Καθώς ο συντελεστής χρησιμοποίησης θερμότητας δεν μπορεί να πάρει τιμή μεγαλύτερη της μονάδας, δεν είναι δυνατός ο μηδενισμός της ανάγκης σε ενέργεια, κι έτσι δεν είναι δυνατός ο καθορισμός ενός βέλτιστου λόγου θερμικού ισοζυγίου χαμηλότερου της μονάδας). Αυτό εξηγείται γραφικά στην Εικ. 3.11.



Εικ. 3.11: Σχετικές παράμετροι για τον καθορισμό του κλάσματος του μήνα με ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση (ISO 13790).

Ο βέλτιστος λόγος θερμικού ισοζυγίου υπολογίζεται με:

$$\gamma_{H,lim} = \frac{(a_H + 1)}{a_H}$$

Εξ. (3.37)

Για τον υπολογισμό του κλάσματος του μήνα με ενεργειακή ανάγκη για θέρμανση, είναι απαραίτητος ο καθορισμός του γ_H στην αρχή και στο τέλος του μήνα. Ο μέσος των λόγων γ_H για την έναρξη των μηνών προκύπτει από τον μέσο όρο του γ_H του τρέχοντος μήνα της ανάλυσης και του προηγούμενου μήνα. Η παράμετρος για τον γ_H στο τέλος του μήνα προκύπτει από τον μέσο γ_H του τρέχοντος μήνα της ανάλυσης και του επόμενου μήνα. Επιπλέον, δύο «νέες» παράμετροι είναι απαραίτητες: ο $\gamma_{H,1}$ και ο $\gamma_{H,2}$. Η πρώτη προκύπτει από τον μικρότερο των δύο γ_H που υπολογίστηκαν από την προηγούμενη διαδικασία και ο $\gamma_{H,2}$ που αντιστοιχεί στον μέγιστο λόγο. Οι παράμετροι αυτές ($\gamma_{H,1}$ και $\gamma_{H,2}$) που αποτελούν τους λόγους θερμικού ισοζυγίου στην αρχή και στο τέλος του μήνα, υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{Εάν } \gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim}, \text{ τότε } f_H = 1$$

Εξ. (3.38)

$$\text{Εάν } \gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim}, \text{ τότε } f_H = 0$$

Εξ. (3.39)

Η Εξίσωση (3.39) δηλώνει ότι εάν ο μικρότερος λόγος θερμικού ισοζυγίου της αρχής και του τέλους του μήνα είναι υψηλότερος από τον βέλτιστο, τότε, τον δεδομένο μήνα δεν θα υπάρξει ανάγκη για θέρμανση του χώρου. Ωστόσο, εάν καμία από αυτές τις συνθήκες δεν ικανοποιείται, εφαρμόζονται οι ακόλουθες σχέσεις:

$$\text{Εάν } \gamma_H > \gamma_{H,lim}, \text{ τότε } f_H = 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}}{\gamma_H - \gamma_{H,1}}$$

Εξ. (3.40)

$$\text{Εάν } \gamma_H \leq \gamma_{H,lim}, \text{ τότε } f_H = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_H}{\gamma_{H,2} - \gamma_H}$$

Εξ. (3.41)

Οι εξισώσεις αυτές ακολουθούν την ίδια λογική με τις εξισώσεις (3.38) και (3.39), με τη διαφορά ότι στην περίπτωση των εξισώσεων (3.40) και (3.41) ο γ_H αναφέρεται σε μία μέση τιμή και όχι σε μία τιμή για την αρχή και το τέλος του μήνα.

Η διάρκεια της περιόδου θέρμανσης μπορεί επίσης να καθοριστεί από το άθροισμα των f_H που υπολογίζονται για κάθε μήνα, δηλ.:

$$L_H = \sum_{m=1}^{12} f_{H,m}$$

Εξ. (3.42)

Λειτουργία ψύξης:

Ο συλλογισμός που ακολουθήθηκε στην περίπτωση της λειτουργίας θέρμανσης μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση της λειτουργίας ψύξης. Ως εκ τούτου, δεν θα παρατεθούν επιπλέον επεξηγήσεις στο σημείο αυτό. Ο υπολογισμός του κλάσματος του μήνα με ενεργειακές ανάγκες για ψύξη πραγματοποιείται με χρήση του αντίστροφου του λόγου θερμικού ισοζυγίου, $(1/\gamma_C)_{lim}$. Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται με:

$$(1/\gamma_C)_{lim} = (a_c + 1)/a_c$$

Εξ. (3.43)

Έπειτα, οι οριακές παράμετροι, $(1/\gamma_C)_1$ και $(1/\gamma_C)_2$ προκύπτουν από τις εξισώσεις (3.44) και (3.45):

$$\text{Εάν } (1/\gamma_c)_2 < (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ τότε } f_c = 1$$

Εξ. (3.44)

$$\text{Εάν } (1/\gamma_c)_1 > (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ τότε } f_c = 0$$

Εξ. (3.45)

Όσον αφορά στη λειτουργία θέρμανσης, εάν καμία από αυτές τις συνθήκες δεν ικανοποιείται, τότε:

$$\text{Εάν } (1/\gamma_c) > (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ τότε } f_c = 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)_1}{(1/\gamma_c) - (1/\gamma_c)_1}$$

Εξ. (3.46)

$$\text{Εάν } (1/\gamma_c) \leq (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ τότε } f_c = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)}{(1/\gamma_c)_2 - (1/\gamma_c)}$$

Εξ. (3.47)

Η περίοδος ψύξης μπορεί επίσης να υπολογιστεί από το άθροισμα όλων των f_c για κάθε μήνα, όπως παρουσιάζεται στην Εξίσωση (3.48):

$$L_c = \sum_{m=1}^{12} f_{c,m}$$

Εξ. (3.48)

Ενεργειακή ανάγκη για συστήματα διαλείπουσας λειτουργίας

Όταν τα συστήματα κλιματισμού λειτουργούν βάσει προγράμματος (δηλ. σε διαλείπουσα λειτουργία), το ISO 13790 (2008) παρέχει καθοδήγηση για τον καθορισμό μειωμένων ενεργειακών αναγκών βάσει των υπολογισμών για συνεχή λειτουργία, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως στις Εξ. (3.6) και Εξ. (3.7). Αυτό πραγματοποιείται μειώνοντας τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, $Q_{H,nd}$ και $Q_{C,nd}$, μέσω ενός αδιάστατου παράγοντα μείωσης για διαλείπουσα ψύξη και θέρμανση, $a_{C,red}$ και $a_{H,red}$. Τα κλάσματα του μήνα με ενεργειακές ανάγκες σε λειτουργίες θέρμανσης και ψύξης, $f_{H,m}$ και $f_{C,m}$, εφαρμόζονται εδώ επίσης. Ως εκ τούτου,

$$Q_{H,nd,interm,m} = f_{H,m} \cdot a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont,m}$$

Εξ. (3.49)

$$Q_{C,nd,interm,m} = f_{C,m} \cdot a_{C,red} \cdot Q_{C,nd,cont,m}$$

Εξ. (3.50)

Η χρονική σταθερά του κτιρίου, τ , και οι λόγοι θερμικού ισοζυγίου, γ_H και γ_C , επηρεάζουν επίσης τον παράγοντα μείωσης των ενεργειακών αναγκών εξαιτίας της διαλείπουσας λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού, όπως παρατηρείται στις εξισώσεις που ακολουθούν,

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \cdot \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}), \text{ with } f_{H,hr} \leq a_{H,red} \leq 1.0$$

Εξ. (3.51)

$$a_{C,red} = 1 - b_{C,red} \cdot \frac{\tau_{C,0}}{\tau} \cdot \gamma_C \cdot (1 - f_{C,day}), \text{ with } f_{C,day} \leq a_{C,red} \leq 1.0$$

Εξ. (3.52)

όπου,

b_{red} μία καθορισμένη παράμετρος που λαμβάνει την τιμή 3 (τόσο για λειτουργία θέρμανσης όσο και ψύξης);

$f_{H,hr}$ το κλάσμα του αριθμού των ωρών όποτε και λειτουργούν τα συστήματα;

$f_{C,day}$, αντιπροσωπεύει το κλάσμα του αριθμού των ημερών της εβδομάδας, όποτε και τα συστήματα είναι εντός λειτουργίας.

3.3.3.2 Ενεργειακή ανάγκη για παραγωγή ZNX

Η ενέργεια που χρειάζεται για την παραγωγή ZNX, σε $MJ/month$, υπολογίζεται ακολουθώντας το EN 15316-3-1 (2007). Ο υπολογισμός επηρεάζεται από το είδος του κτιρίου, την επιφάνεια του δαπέδου και τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του νερού εισροής και του επιθυμητού νερού στο σημείο απαγωγής, σύμφωνα με,

$$Q_{DHW,nd,m} = 4,182 \cdot V_{W,m} \cdot (\theta_{W,t} - \theta_{W,o})$$

Εξ. (3.53)

όπου,

$V_{W,m}$ η μηνιαία ανάγκη ZNX σε μονάδες όγκου όπως προβλέπεται από το EN 15316-3-1 (2007);

$\theta_{W,t}$ η θερμοκρασία του ZNX στο σημείο απαγωγής [$^{\circ}C$];

$\theta_{W,o}$, η θερμοκρασία του νερού εισροής [$^{\circ}C$].

Ο όγκος ZNX που χρειάζεται ημερησίως μία μονοκατοικία εξαρτάται από την επιφάνεια του δαπέδου και υπολογίζεται σε ($\text{in m}^3/\text{day}$) ως εξής,

$$V_w = \frac{a \cdot N_U}{1000}$$

Εξ. (3.54)

όπου,

a , η απαίτηση της μονάδας με βάση τα λίτρα του νερού στους $60^\circ\text{C}/\text{day}$;

N_U , ο αριθμός των μονάδων που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Ο όγκος ZNX που χρειάζεται σε μηνιαία βάση, $V_{w,m}$, προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την τιμή της ημερήσιας ανάγκης, V_w , με το σύνολο των ημερών του μήνα.

Οι παράμετροι, a και N_U , εξαρτώνται από τον τύπο του κτιρίου και τη χρήση/λειτουργία του και υπολογίζονται με βάση την επιφάνεια του δαπέδου, A_f , ως εξής,

$$\text{Εάν } A_f > 30\text{m}^2, \text{ τότε } a = \frac{62 \cdot \ln(A_f) - 160}{A_f}$$

Εξ. (3.55)

$$\text{Εάν } 15 \leq A_f \leq 30\text{m}^2, \text{ τότε } a = 2$$

Εξ. (3.56)

3.3.3.3 Ενεργειακή κατανάλωση

Η ενεργειακή ανάγκη που υπολογίστηκε, δεν λαμβάνει υπόψη την απόδοση των συστημάτων κλιματισμού ή παραγωγής ZNX τα οποία έχουν εγκατασταθεί στο κτίριο. Ο αλγόριθμος θεωρεί ότι το κτίριο μπορεί να διαθέτει συστήματα με διαφορετικές αποδόσεις, δεδομένου όμως ότι αυτό δε συμβαίνει πάντα, για παράδειγμα, οι συντελεστές απόδοσης θέρμανσης και ψύξης είναι ίδιοι. Ως εκ τούτου, κάθε ενεργειακή ανάγκη (για θέρμανση και ψύξη χώρου και για παραγωγή ZNX) επηρεάζεται από την απόδοση του αντίστοιχου εξοπλισμού. Ο γενικός τύπος υπολογισμού της ενεργειακής κατανάλωσης για την κάλυψη κάθε είδους ενεργειακής ανάγκης είναι:

$$Q_{cons} = \frac{Q_{nd}}{\eta_{sys}}$$

Εξ. (3.57)

όπου,

Q_{nd} , η ενεργειακή ανάγκη;

η_{sys} , η απόδοση του συστήματος.

Οι προεπιλεγμένες τιμές ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων που έχουν υιοθετηθεί και το είδος της ενέργειας που καταναλώνεται παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν. Οι περισσότερες από αυτές τις τιμές προέρχονται από το RCCTE (2006).

Πίνακας 3.17: Απόδοση συστημάτων θέρμανσης χώρου και είδος της ενέργειας που καταναλώνεται

Σύστημα θέρμανσης	$\eta_{H,sys}$	Είδος ενέργειας
Ηλεκτρική αντίσταση	1	Ηλεκτρική Ενέργεια
Θερμαντής Αερίου Καυσίμου	0.87	Αέριο Καύσιμο
Θερμαντής Υγρού Καυσίμου	0.8	Υγρό Καύσιμο
Θερμαντής Στερεού Καυσίμου	0.6	Στερεό Καύσιμο
Split	4	Ηλεκτρική Ενέργεια

Πίνακας 3.18: Απόδοση συστημάτων ψύξης χώρου και είδος της ενέργειας που καταναλώνεται

Σύστημα ψύξης	$\eta_{C,sys}$	Είδος ενέργειας
Split	3	Ηλεκτρική Ενέργεια
Μηχάνημα ψύξης (κύκλος συμπίεσης)	3	Ηλεκτρική Ενέργεια
Μηχάνημα ψύξης (κύκλος απορρόφησης)	0.8	Ηλεκτρική Ενέργεια

Πίνακας 3.19: Απόδοση συστημάτων ZNX και είδος της ενέργειας που καταναλώνεται

Σύστημα ZNX	$\eta_{DHW,sys}$	Είδος ενέργειας
Ηλεκτρικός λέβητας	0.9	Ηλεκτρική Ενέργεια
Λέβητας Αερίου	0.6	Αέριο
Αυτόνομος θερμαντής συμπίκνωσης	0.72	Αέριο
Αυτόνομος θερμαντής	0.4	Αέριο

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο προκύπτει από το άθροισμα όλων των ειδών καταναλισκόμενης ενέργειας:

$$Q_{Tot,cons} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,sys}} + \frac{Q_{C,nd}}{\eta_{C,sys}} + \frac{Q_{DHW,nd}}{\eta_{DHW,sys}}$$

Εξ. (3.58)

Η πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον συντελεστή μετατροπής, F_{pu} , [kgoe/kWh] με την ενεργειακή κατανάλωση,

$$Q_{Tot,prim} = F_{H,pu} \cdot Q_{H,cons} + F_{C,pu} \cdot Q_{C,cons} + F_{DHW,pu} \cdot Q_{DHW,cons}$$

Εξ. (3.59)

Ο συντελεστής μετατροπής από ενεργειακή κατανάλωση (ή χρήσης) σε πρωτογενή ενέργεια εξαρτάται από το καύσιμο (ή το είδος της ενέργειας) για κάθε σύστημα. Οι προεπιλεγμένες τιμές προέρχονται από το RCCTE (2006) και παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.20.

Πίνακας 3.20: Συντελεστής μετατροπής από ενεργειακή χρήση σε πρωτογενή ενέργεια (RCCTE, 2006)

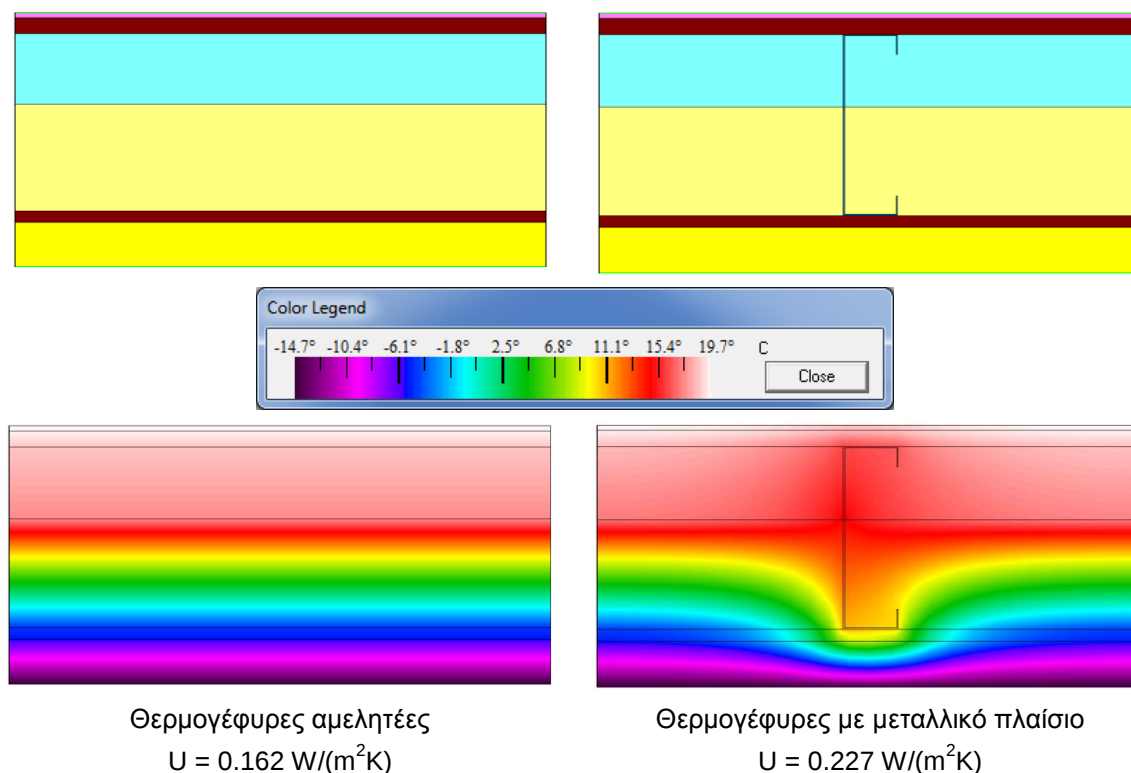
Είδος ενέργειας	F_{pu} [kgoe/kWh]
Ηλεκτρική Ενέργεια	0.29
Αέριο, υγρό ή στερεό καύσιμο	0.086

3.3.3.4 Θερμική Αδράνεια

Όσον αφορά στη θερμική αδράνεια, οι υπολογισμοί για την εσωτερική θερμοχωρητικότητα του κτιρίου, C_m διεξήχθησαν όπως υποδεικνύεται από το ISO 13790 και όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο στην Εξίσωση (3.36). Η εσωτερική θερμοχωρητικότητα ανά επιφάνεια κάθε macro-στοιχείου υπολογίστηκε σύμφωνα με τις υποδείξεις του Παραρτήματος Α του EN ISO 13786 (2007). Πρόκειται για μια απλουστευμένη διαδικασία η οποία βασίζεται στο βάθος διείσδυσης του θερμικού κύματος, που υπολογίστηκε για τα παρακείμενα υλικά στην εσωτερική επιφάνεια, τα οποία είναι κατάλληλα για τέτοιου είδους υπολογισμούς. Στην ενδεικνυόμενη μέθοδο, λαμβάνεται υπόψη η θερμοχωρητικότητα των στρωμάτων, έως ένα μέγιστο πάχος της τάξης των 100 mm (μετρώντας από την εσωτερική επιφάνεια).

3.3.3.5 Θερμογέφυρες

Η επίδραση επαναλαμβανόμενων θερμογεφυρών (π.χ. που προέρχονται από μεταλλικούς ορθοστάτες όπως φαίνεται στην Εικ. 3.12) εντός των δομικών στοιχείων (π.χ. τοίχων και πλακών) λαμβάνεται υπόψη στην θερμική διαπερατότητα (U-value). Η επίδραση των γραμμικών και σημειακών θερμογεφυρών θεωρείται αμελητέο. Αυτή η U-value περιλαμβάνεται στη βάση δεδομένων του λογισμικού για κάθε macro-στοιχείο.



Εικ. 3.12: Επίδραση των θερμογεφυρών στις τιμές της θερμικής διαπερατότητας για εξωτερικό δάπεδο ελαφριάς κατασκευής με μεταλλικό πλαίσιο

Η U-value των στοιχείων με θερμογέφυρες προσδιορίζεται με τη μέθοδο που παρουσιάζεται στο Τμήμα 6 του ISO 6946 (2007) και τελειοποιήθηκε από τον Gorgolewski (2007), καθώς η πρώτη εκδοχή μπορεί να εφαρμοστεί μόνο εάν το επίπεδο της μόνωσης δεν γεφυρώνεται από μεταλλικό πλαίσιο. Η δεύτερη μέθοδος στηρίζεται στον καθορισμό δύο ορίων για τη θερμική αντίσταση του δομικού στοιχείου και οι συντελεστές διόρθωσης εξαρτώνται από τις διαστάσεις του ορθοστάτη και την απόσταση. Ένα κατώτερο όριο υπολογίζεται συνδυάζοντας τις παράλληλες αντιστάσεις των επιπέδων, δηλ. υποθέτοντας ότι κάθε επίπεδο είναι στην ίδια θερμοκρασία. Ένα ανώτερο όριο θερμικής αντίστασης υπολογίζεται επίσης προσθέτοντας τις αντιστάσεις κάθε διόδου θερμότητας.

Όταν δεν υπάρχει θερμογέφυρα στο στοιχείο, εφαρμόζεται η μέθοδος για ομοιογενή επίπεδα, η οποία λαμβάνει υπόψη το κύκλωμα των θερμικών αντιστάσεων εν σειρά.

3.3.4 Βαθμονόμηση του αλγορίθμου

Προκειμένου να επαληθευτεί και να βελτιωθεί η ακρίβεια του αλγορίθμου, ο οποίος χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της λειτουργικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των χώρων ενός κτιρίου, με βάση τη μέθοδο ημιμόνιμης κατάστασης του ISO 13790, διενεργήθηκαν πολλές διαδικασίες επικύρωσης και βαθμονόμησης.

Κατ' αρχάς η ακρίβεια του μηνιαίου αλγορίθμου επικυρώθηκε εφαρμόζοντάς τον σε δώδεκα μελέτες περίπτωσης όπως παρουσιάζονται στο EN 15265 για έναν ενιαίο χώρο γραφείου. Έπειτα, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα πραγματικά κτίρια έχουν πιο πολύπλοκη δομή από έναν μόνο χώρο, ο αλγόριθμος βαθμονομείται για κτίρια κατοικιών με πολλούς χώρους, εφαρμόζοντας τους διορθωτικούς συντελεστές στα τέσσερα κύρια στοιχεία θερμικού ισοζυγίου ενός κτιρίου καθώς και στις δυναμικές αδιάστατες παραμέτρους.

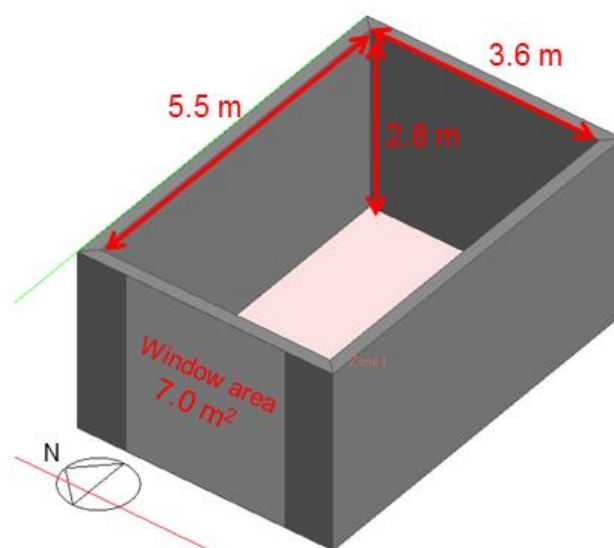
Τέλος, στο Κεφάλαιο 4.2, ο βαθμονομημένος αλγόριθμος που προέκυψε επικυρώνεται με την εφαρμογή του σε μια μελέτη περίπτωσης (κτίρια κατοικιών λίγων ορόφων) και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα από την προηγμένη δυναμική ανάλυση χρησιμοποιώντας το *DesignBuilder /EnergyPlus*.

3.3.4.1 Έλεγχος της ακρίβειας στα πλαίσια του EN 15265

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει ορισμένες από τις δοκιμές που διεξήχθησαν με σκοπό τον έλεγχο της ακρίβειας του μηνιαίου αλγορίθμου, χρησιμοποιώντας τις 12 δοκιμές περίπτωσης (Πίνακας 3.21) που προβλέπονται στο EN 15265 (2007) για έναν ενιαίο χώρο γραφείου (Εικ. 3.13). Το συγκεκριμένο πρότυπο χρησιμοποιεί ένα δωμάτιο αναφοράς με παράθυρο στη δυτική του όψη, το οποίο αναλύεται υπό διαφορετικές οριακές συνθήκες, διακυμάνσεις των εσωτερικών και ηλιακών κερδών και δύο είδη καταστάσεων θέρμανσης/ψύξης: συνεχής και διαλείπουσα. Για κάθε μία από τις δώδεκα δοκιμές περίπτωσης που λαμβάνονται υπόψη, το πρότυπο παρέχει αποτελέσματα αναφοράς για τις ενεργειακές ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη για συγκεκριμένη τοποθεσία (Trappes, Γαλλία), για την οποία τα κλιματικά δεδομένα επίσης προβλέπονται όσον αφορά στις ωριαίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας.

Πίνακας 3.21: Δοκιμές περίπτωσης που προβλέπονται στο EN 15265 (2007) για την επικύρωση του υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη χώρου χρησιμοποιώντας δυναμικές μεθόδους

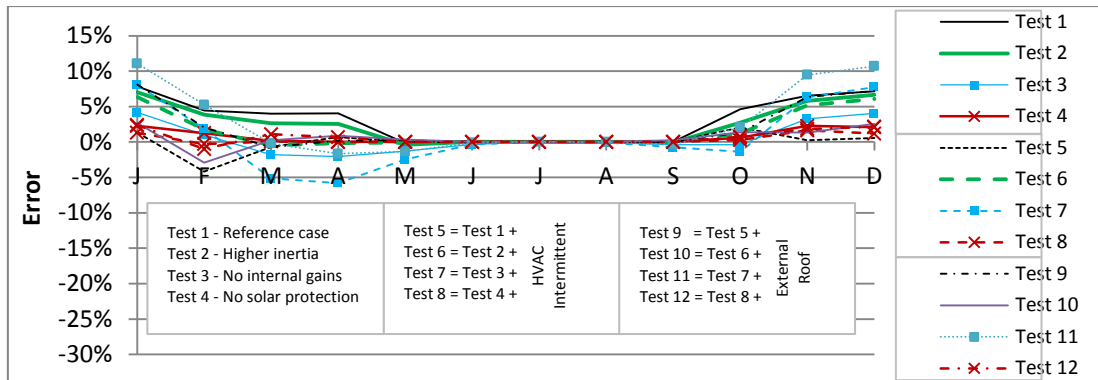
Ενημερωτικές	Κανονιστικές	Κανονιστικές
Δοκιμή 1 Περίπτωση Αναφοράς Δοκιμή 2 Μεγαλύτερη Θερμική Αδράνεια Δοκιμή 3 Χωρίς Εσωτερικά Κέρδη Δοκιμή 4 Χωρίς Ηλιακή Προστασία	Δοκιμή 5 = Συστήματα Θέρμανσης-Αερισμού-Κλιματισμού Δοκιμή 6 = Διαλείπουσας λειτουργίας (μόνο 8h00-18h00 από Δευτέρα έως Παρασκευή) Δοκιμή 8 = Δοκιμή 4 +	Δοκιμή 9 = Δοκιμή 5 + Δοκιμή 10 = Δοκιμή 6 + Δοκιμή 11 = Δοκιμή 7 + Εξωτερική Οροφή Δοκιμή 12 = Δοκιμή 8 +



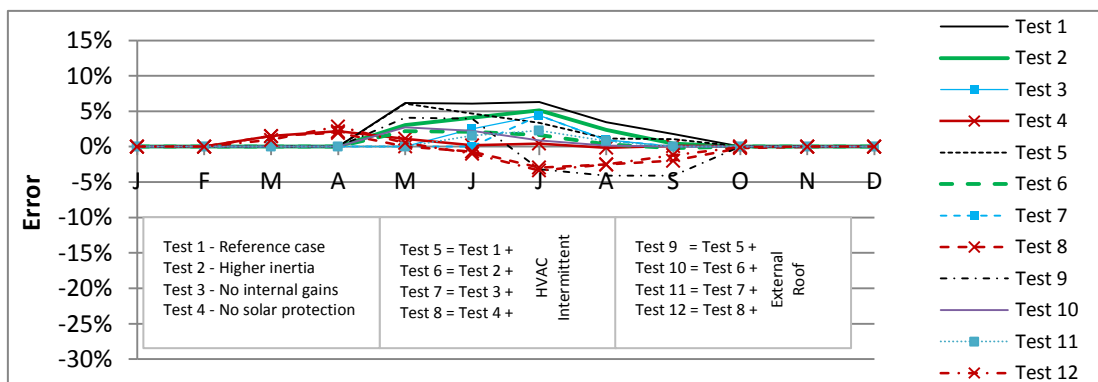
Εικ. 3.13: Μοντέλο ενιαίου χώρου γραφείου όπως προβλέπεται στο EN 15265

Δεδομένου ότι ήταν απαραίτητη η αξιολόγηση της ακρίβειας των όρων που συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο και που δεν προβλέπονται στο πρότυπο EN 15265, οι δοκιμές περίπτωσης υπολογίστηκαν και στο λογισμικό προηγμένης δυναμικής ανάλυσης *DesignBuilder*, το οποίο χρησιμοποιεί ένα αλγόριθμο ενεργειακής προσομοίωσης *EnergyPlus*. Ο χώρος δοκιμής ορίστηκε πλήρως τόσο στο δυναμικό λογισμικό, όσο και στον μηνιαίο αλγόριθμο, με σκοπό την παραγωγή των εκτιμήσεων ενεργειακής ανάγκης. Η Εικ. 3.14 υποδεικνύει τα σφάλματα που προέκυψαν με την προσέγγιση ημιμόνιμης κατάστασης, τα οποία και παρουσιάζονται σε μηνιαία βάση (με αναφορά στα αποτελέσματα της δυναμικής

προσομοίωσης όπως αυτά προέκυψαν από τον αλγόριθμο του *EnergyPlus*) και υπολογίζονται ως ποσοστό την συνολικής ετήσιας ενεργειακής ανάγκης. Το μέγιστο μηνιαίο σφάλμα είναι μικρότερο του 12%, όπως φαίνεται στην Εικ. 3.14. Το σφάλμα είναι μεγαλύτερο κατά τους θερινούς και χειμερινούς μήνες για τα μοντέλα ψύξης και θέρμανσης, αντίστοιχα.



a) Κατάσταση θέρμανσης



b) Κατάσταση ψύξης

Εικ. 3.14: Μηνιαία σφάλματα του αλγορίθμου (μηνιαία μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης) – αποτελέσματα αναφοράς: *EnergyPlus* (ωριαία προηγμένη δυναμική μέθοδος)

3.3.4.2 Συντελεστές βαθμονόμησης

Η μηνιαία προσέγγιση ημιμόνιμης κατάστασης περιλαμβάνει διάφορες απλουστεύσεις σε σύγκριση με τις προηγμένες δυναμικές προσομοιώσεις (που βασίζονται σε ωριαία δεδομένα). Διάφορες παράμετροι συμβάλουν άμεσα στις εν λόγω διαφορές:

- (i) Οι δυναμικοί μηνιαίοι συντελεστές χρησιμοποίησης, $\eta_{H,gn,m}$ και $\eta_{C,ls,m}$, θεωρούνται σταθεροί και ανεξάρτητοι από κλιματικά δεδομένα και πρόγραμμα πληρότητας, εντός κάθε κλιματικής περιοχής.

- (ii) Οι διάφοροι ενεργειακοί όροι, Q_{tr} , Q_{ve} , Q_{int} και Q_{sol} , υπολογίζονται για σταθερές εσωτερικές θερμοκρασίες όπως ορίζεται από τα σημεία αναφοράς για περιόδους θέρμανσης και ψύξης.

Επιπλέον, τα κλιματικά δεδομένα, το πρόγραμμα πληρότητας και η διάταξη του κτιρίου επίσης επηρεάζουν έμμεσα τις παραπάνω παραμέτρους.

Κατά συνέπεια, ανεξάρτητα από την καλή συμφωνία που παρατηρείται μεταξύ της μηνιαίας προσέγγισης ημιμόνιμης κατάστασης και τις δοκιμές περίπτωσης που προβλέπονται στο EN 15265, η απόδοση των πραγματικών κτιρίων με πιο πολύπλοκες διατάξεις, συνθήκες λειτουργίας και κλιματικές συνθήκες, μπορεί να αποκλίνει σημαντικά από τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν από την απλουστευμένη μέθοδο. Αυτό αναγνωρίζεται στο ISO 13790, όπου σημειώνονται πιθανές διαφορές της τάξης του 50% με 150%, παρέχοντας έτσι μια διαδικασία εξαγωγής μηνιαίων συντελεστών χρησιμοποίησης (Παράρτημα Ι του ISO 13790).

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί αυτή η πιθανή διασπορά, νέοι διορθωτικοί συντελεστές ορίστηκαν και βαθμονομήθηκαν με σκοπό τη βελτίωση των εκτιμήσεων των διάφορων ενεργειακών όρων: (i) τη μεταφορά θερμότητας από μετάδοση (ii) τη μεταφορά θερμότητας με αερισμό (iii) τα εσωτερικά θερμικά κέρδη (iv) τα ηλιακά θερμικά κέρδη, όπως φαίνεται στις εξισώσεις (3.60) έως (3.62),

$$H_{tr,adj,c} = f_{tr} \cdot H_{tr,adj} \rightarrow Q_{tr,m} = H_{tr,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

Εξ. (3.60)

$$H_{ve,adj,c} = f_{ve} \cdot H_{ve,adj} \rightarrow Q_{ve,m} = H_{ve,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

Εξ. (3.61)

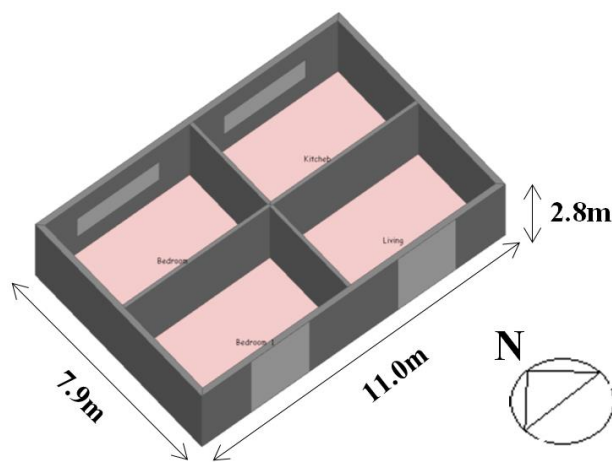
$$Q_{gn} = f_{int} \cdot Q_{int,m} + f_{sol} \cdot Q_{sol,m}$$

Εξ. (3.62)

όπου, $H_{tr,adj,c}$ η διορθωμένη μεταφορά θερμότητας από μετάδοση, f_{tr} ο διορθωτικός συντελεστής για τη μεταφορά θερμότητας από μετάδοση, $H_{ve,adj,c}$ η διορθωμένη μεταφορά θερμότητας με αερισμό, f_{ve} ο διορθωτικός συντελεστής για τη μεταφορά θερμότητας με αερισμό, f_{int} ο διορθωτικός συντελεστής για τα εσωτερικά κέρδη και f_{sol} ο διορθωτικός συντελεστής για τα ηλιακά κέρδη, με εξαίρεση τη θερμική ακτινοβολία στον ουρανό. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ξεχωριστοί διορθωτικοί συντελεστές βαθμονομήθηκαν για κάθε κλιματική περιοχή.

Εκτός από τους διορθωτικούς συντελεστές για τα τέσσερα κύρια στοιχεία μεταφοράς θερμότητας που αναφέρθηκαν παραπάνω, βαθμονομήθηκαν επίσης και οι αδιάστατες παράμετροι, a_{H0} , τ_{H0} , a_{C0} και τ_{C0} για κάθε κλιματική περιοχή.

Δεδομένου ότι ο μηνιαίος αλγόριθμος αποσκοπεί στην πρόβλεψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, αντί να επικεντρώνεται μόνο σε έναν χώρο, όπως προβλέπεται στο EN 15265 (2007), όλες οι βαθμονομήσεις διεξήχθησαν με ένα νέο σύνολο δοκιμών περίπτωσης που βασίζονται σε τυπικά χαρακτηριστικά κτιρίου (διαμέρισμα) όπως φαίνεται στην Εικ. 3.15.



Εικ. 3.15: Παράδειγμα ενός κτιριακού μοντέλου που χρησιμοποιείται στις δοκιμές περίπτωσης για τη βαθμονόμηση του μηνιαίου αλγορίθμου

Οι συγκεκριμένες δοκιμές περίπτωσης χρησιμοποιούν τις ίδιες θερμικές ιδιότητες με τις δοκιμές περίπτωσης του κτιριακού κελύφους του EN 15265 (2007) (βλ. Πίνακας 3.22), αλλά με διαφορετικές οριακές συνθήκες (μη αδιαβατικοί τοίχοι και οροφή) και υψηλότερη επιφάνεια ορόφων (79.2 m^2). Η παροχή αέρα που υποτέθηκε είναι 1.0 εναλλαγές αέρα ανά ώρα (σταθερή).

Πίνακας 3.22 – Θερμικές ιδιότητες κελύφους των δοκιμών περίπτωσης για τη βαθμονόμηση

Στοιχείο	U-value [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Εξωτερικοί τοίχοι	0.493	81297
Εσωτερικοί τοίχοι	-	9146
Οροφή	0.243	6697
Ισόγειο	-	63380

Μία σημαντική τροποποίηση των μοντέλων βαθμονόμησης σχετίζεται με το πρόγραμμα πληρότητας και λειτουργίας των συστημάτων, καθώς οι EN 15265

(2007) δοκιμές περίπτωσης περιλαμβάνουν χώρους γραφείων. Ως εκ τούτου, τα προγράμματα πληρότητας και οι αντίστοιχες ροές θερμότητας προήλθαν από το ISO 13790 (2008) για κτίρια κατοικιών όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως στον Πίνακα 3.13.

Δεδομένης της σημασίας ύπαρξης παραθύρων για τα ηλιακά κέρδη και τις θερμικές απώλειες από μετάδοση, μελετήθηκαν διαφορετικοί λόγοι τοίχου προς επιφάνεια ορόφου, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.23. Επιπλέον, τα σενάρια με και χωρίς συσκευές σκίασης μελετήθηκαν κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης.

Πίνακας 3.23 – Κύριες μεταβλητές των δοκιμών περίπτωσης που χρησιμοποιήθηκαν στη βαθμονόμηση του υπολογιστικού εργαλείου

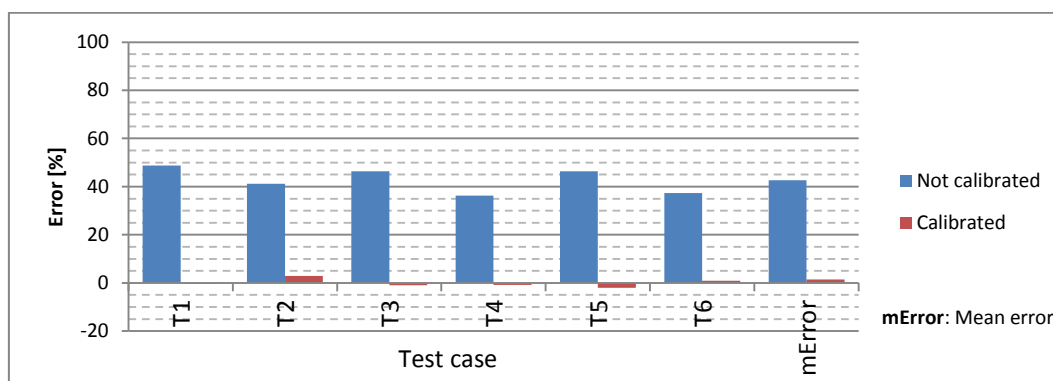
Δοκιμή Περίπτωσης	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Συσκευές Σκίασης
T1	35	36	54	ON
T2				OFF
T3	25	20	40	ON
T4				OFF
T5	15	12	24	ON
T6				OFF

GFR: λόγος παραθύρων προς επιφάνεια δαπέδου

NGWR: λόγος παραθύρων βόρειου προσανατολισμού προς επιφάνεια τοίχων

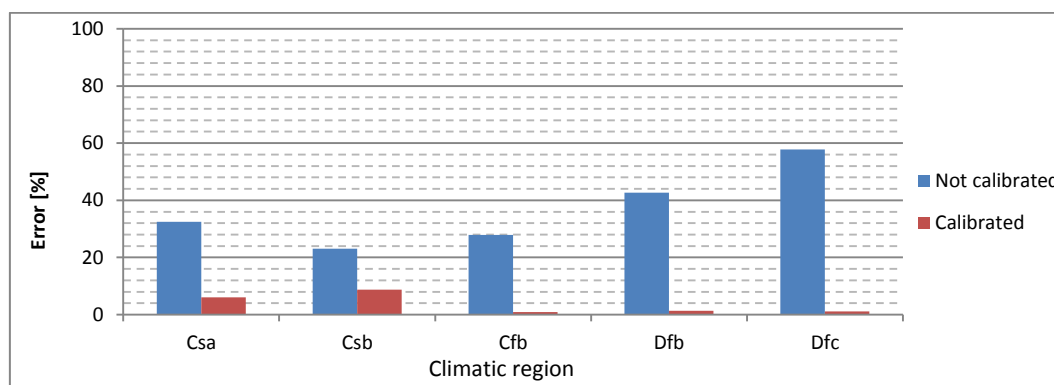
SGWR: λόγος παραθύρων νότιου προσανατολισμού προς επιφάνεια τοίχων

Όλες οι δοκιμές περίπτωσης εκτελέστηκαν σε πέντε διαφορετικές κλιματικές περιοχές: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; και (v) Dfc. Οι συντελεστές διόρθωσης προέκυψαν από την ελαχιστοποίηση του σφάλματος κάθε υποσυνόλου δοκιμών περίπτωσης για κάθε κλιματική περιοχή, που σε ορισμένες περιπτώσεις έφτασαν και τις 500 περιπτώσεις. Η Εικ. 3.16 απεικονίζει τις βελτιώσεις στην ακρίβεια χωρίς και με τους διορθωτικούς συντελεστές για την κλιματική περιοχή Dfb, προβάλλοντας τη μέση βελτίωση από απόλυτο σφάλμα της τάξης του 43% σε λιγότερο από 2%.



Εικ. 3.16: Βελτίωση της ακρίβειας της μηνιαίας μεθόδου του ISO 13790 για την Dfb κλιματική ζώνη: συνολική ετήσια ενέργεια για θέρμανση και ψύξη χώρου

Η Εικ. 3.17 συνοψίζει τις βελτιώσεις για πέντε συγκεκριμένες κλιματικές περιοχές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι χωρίς διορθώσεις, η ακρίβεια της μεθόδου είναι μικρότερη για ψυχρότερα κλίματα, το μέγιστο σφάλμα παρουσιάζεται στην περίπτωση της Dfc κλιματικής περιοχής και το ελάχιστο στην περίπτωση της Csb κλιματικής περιοχής. Η μηνιαία μέθοδος παρουσίασε μικρότερη ακρίβεια στην εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών τους ψυχρότερους μήνες, καθώς οι συγκρίσεις με τη δυναμική μέθοδο απέδειξαν ότι τα κέρδη χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά στη θέρμανση χώρου απ' ό,τι θεωρείται στην απλουστευμένη μέθοδο. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ακόμα πιο σημαντικό και προφανές όταν τα ηλιακά κέρδη είναι χαμηλότερα. Συνολικά, με τους διορθωτικούς συντελεστές, όλα τα σφάλματα είναι μικρότερα της τάξης του 10%.



Εικ. 3.17: Μέσο σφάλμα της μηνιαίας μεθόδου με και χωρίς συντελεστές βαθμονόμησης.

Σημειώνεται ότι υπήρξε διαφορετική τάση σφάλματος με και χωρίς συσκευές σκίασης. Για τις δύο αυτές περιπτώσεις διακρίνονται οι συντελεστές βαθμονόμησης. Οι Πίνακας 3.24 και Πίνακας 3.25 παρουσιάζουν τους διάφορους διορθωτικούς συντελεστές χωρισμένους ανάλογα με την λειτουργία ή μη κινητής συσκευής σκίασης.

Πίνακας 3.24 – Συντελεστές βαθμονόμησης όταν οι συσκευές σκίασης λειτουργούν

Συσκευές Σκίασης ON												
Περιοχή	Κατάσταση θέρμανσης						Κατάσταση Ψύξης					
	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	1.00	15.67	1.00	1.00	0.90	0.93	1.20	15.00	1.07	1.00	0.83	0.90
Csb	1.33	15.00	1.00	1.07	0.97	0.93	1.10	15.00	1.03	1.10	0.97	1.00
Cfb	1.33	15.00	0.93	0.83	1.10	1.07	1.30	15.00	1.00	1.00	1.00	1.03

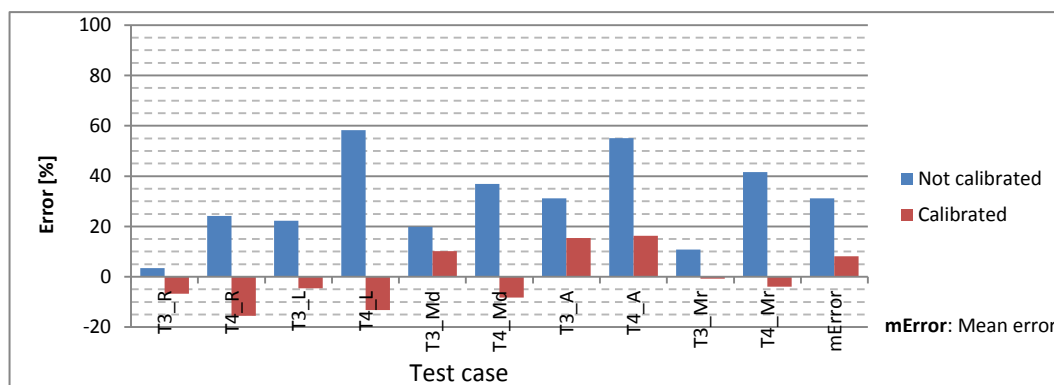
Dfb	1.30	14.67	0.83	0.90	1.25	1.25	1.00	15.00	1.07	1.07	0.97	1.00
Dfc	1.25	14.33	0.83	0.83	1.17	1.50	1.00	15.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Πίνακας 3.25 – Συντελεστές βαθμονόμησης όταν οι συσκευές σκίασης δεν λειτουργούν

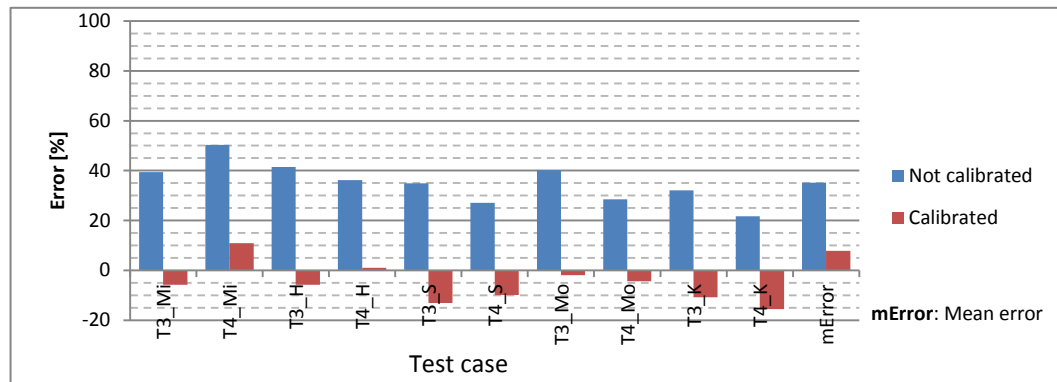
Περιοχή	Συσκευές Σκίασης OFF											
	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	0.93	15.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.25	15.00	1.17	1.33	0.83	0.90
Csb	1.13	15.00	1.00	0.97	1.03	1.00	0.93	15.00	1.08	1.17	0.87	0.87
Cfb	1.17	15.00	1.00	0.93	1.00	1.03	1.08	15.00	1.08	1.33	0.90	0.87
Dfb	1.33	15.00	0.93	0.87	1.17	1.10	1.20	15.00	1.00	1.00	0.83	0.90
Dfc	1.50	14.00	0.80	0.80	1.07	1.20	1.00	15.00	1.17	1.17	0.92	0.90

Δεδομένου ότι ο μηνιαίος αλγόριθμος επιτρέπει να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας των συσκευών σκίασης το χειμώνα και το καλοκαίρι, οι συντελεστές βαθμονόμησης του Πίνακα 3.24 ενσωματώθηκαν στην κατάσταση ψύξης και οι αντίστοιχοι συντελεστές του Πίνακα 3.25 στην κατάσταση θέρμανσης.

Οι συντελεστές βαθμονόμησης εφαρμόστηκαν στις δοκιμές περίπτωσης 3 και 4 (25% λόγος παραθύρων προς επιφάνεια δαπέδου, Πίνακας 3.23) που τοποθετούνται σε πέντε πόλεις των κλιματικών περιοχών Csa και Dfb, με σκοπό την αξιολόγηση του σφάλματος που παρουσιάζεται όταν χρησιμοποιείται το κλίμα κάθε τοποθεσίας. Στην Εικ. 3.18 φαίνεται ότι το σφάλμα που προκύπτει μεταβάλλεται με την τοποθεσία, όπως ήταν αναμενόμενο. Τα μεγαλύτερα σφάλματα παρουσιάζονται για την πόλη της Αθήνας 16.2%) και του Κιέβου (15.5%), για τις κλιματικές περιοχές Csa και Dfb, αντίστοιχα. Ωστόσο, το μέσο σφάλμα είναι μικρότερο του 10% για τις δύο κλιματικές περιοχές (Csa: 8.2% και Dfb: 7.9%).



a) R: Rome; L: Lisbon; Md: Madrid; A: Athens; Mr: Marseille



b) Mi: Minsk; H: Helsinki; S: Stockholm; Mo: Moscow; K: Kiev

Εικ. 3.18: Επαλήθευση της ακρίβειας βαθμονόμησης όταν εφαρμόζεται σε διάφορες πόλεις των κλιματικών περιοχών: a) Csa; b) Dfb

4 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΠΟΥ ΥΙΟΘΕΤΗΘΗΚΑΝ

Η επικύρωση των προσεγγίσεων που υιοθετήθηκαν και περιγράφηκαν σε προηγούμενες ενότητες παρουσιάζεται στο παρόν κεφάλαιο. Και στις δύο περιπτώσεις, διεξάγεται μία μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιώντας την απλουστευμένη προσέγγιση και τα αποτελέσματα που προκύπτουν συγκρίνονται με τα αποτελέσματα μιας προηγμένης προσέγγισης. Οι προηγμένες αναλύσεις διεξήχθησαν με χρήση των εμπορικών πακέτων *GaBi 6* (2012) και *DesignBuilder* (2012), για αξιολόγηση του κύκλου ζωής και ποσοτικοποίηση της ενέργειας, αντίστοιχα.

4.1 Επικύρωση της προσέγγισης με τα macro-στοιχεία

Η επικύρωση της προσέγγισης των macro-στοιχείων βασίζεται σε μια μελέτη περίπτωσης που αναφέρεται σε κτίριο κατοικιών λίγων ορόφων στην Πορτογαλία. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσέγγιση που υιοθετήθηκε συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της προηγμένης ανάλυσης με χρήση του λογισμικού *GaBi*. Η ανάλυση διεξήχθη σε επίπεδο κτιρίου.

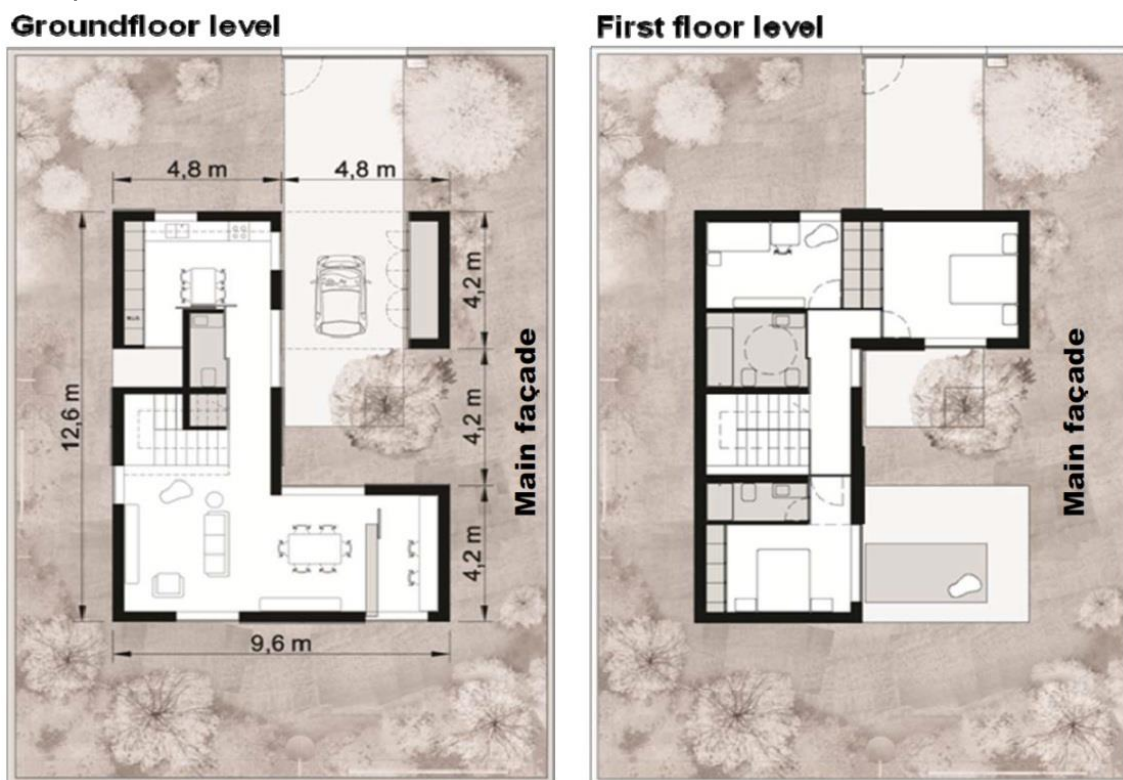
4.1.1 Περιγραφή της μελέτης περίπτωσης

Το κτίριο είναι ένα διώροφο σπίτι για μία μόνο οικογένεια που βρίσκεται στην Κοΐμπρα (Πορτογαλία). Οι προσόψεις και τα οριζόντια επίπεδα του κτιρίου παρουσιάζονται στις Εικ. 4.1 και Εικ. 4.2, αντίστοιχα.



Εικ. 4.1: Οι προσόψεις του κτιρίου

Η συνολική επιφάνεια κατασκευής ανέρχεται στα 202.00 m², με 100.8 m² στο ισόγειο και 100.8 m² στον πρώτο όροφο (20.2 m² στη βεράντα). Το συνολικό ύψος του κτιρίου είναι 6 m.



Εικ. 4.2: Οι όροφοι του κτιρίου

Οι επιφάνειες των παραθύρων κάθε πρόσοψης παρέχονται επίσης από τα σχέδια του κτιρίου. Ο Πίνακας 4.1 συνοψίζει τις επιφάνειες του κτιριακού κελύφους.

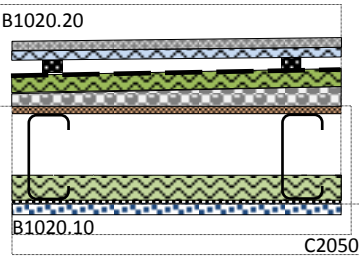
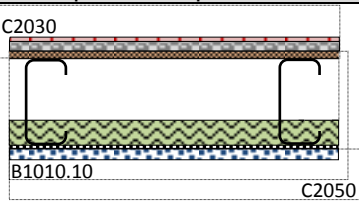
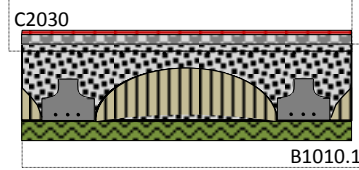
Πίνακας 4.1: Τοίχοι κι επιφάνειες παραθύρων στο πρώιμο στάδιο

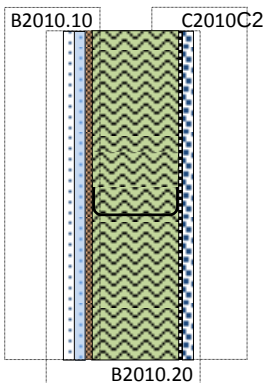
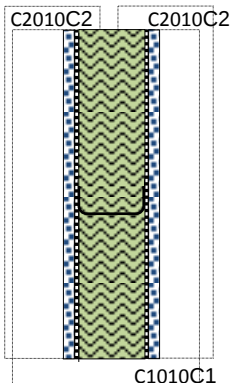
	Βορράς [m ²]	Ανατολή [m ²]	Νότος [m ²]	Δύση [m ²]	Σύνολο [m ²]
Τοίχοι	41.3	49.9	38.3	60.4	189.9
Παράθυρα	13.0	17.3	15.6	4.3	50.2

4.1.2 Επιλογή Macro-στοιχείων

Για να διευκολυνθεί η αξιολόγηση του κύκλου ζωής του κτιρίου, επιλέχθηκαν macro-στοιχεία για τα κύρια δομικά στοιχεία του κτιρίου, δηλαδή, για την υπερκατασκευή, για το εξωτερικό κατακόρυφο κέλυφος και για τους εσωτερικούς χώρους, όπως αυτά αναφέρονται στον Πίνακας 4.2.

Πίνακας 4.2: Επιλογή των macro-στοιχείων

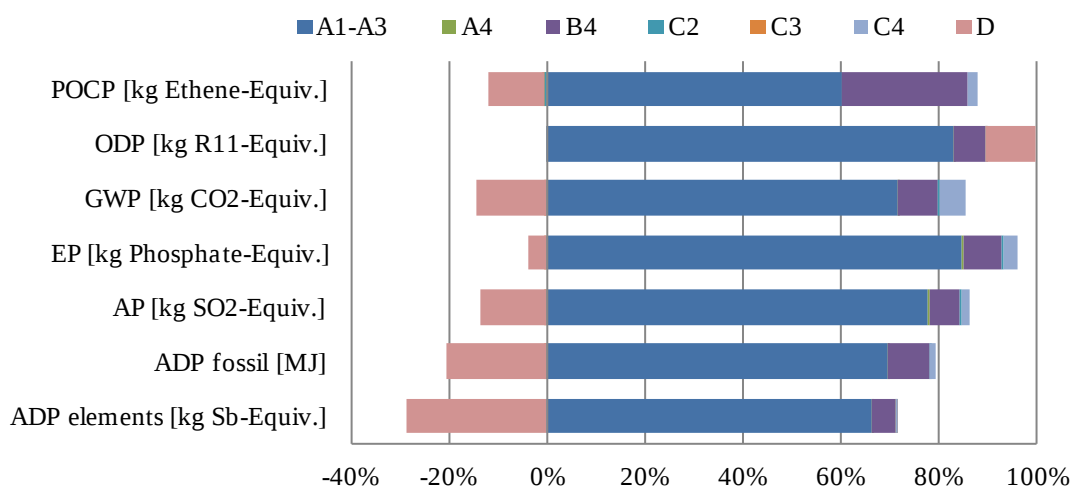
	Αναφορά στοιχείου	macro-	Στρώσεις υλικών	Πάχος [mm] Πυκνότη τα [kg/m ²]	U- value [W/m ² . K]	κ _m [J/m ² . K]			
Οροφή									
	B1020.20 Ταράτσα Roof deck deck, slabs and sheathing		Πλάκα τσιμέντου	30 mm	0.37 ^(*)	13435			
			ΧPS πλάκα	30 mm					
			Κοιλότητα αέρα	30 mm					
			Αδιάβροχη μεμβράνη	1.63 kg/m ²					
			ΧPS	0 mm					
			Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	40 mm					
	B1020.10 Δομικός σκελετός οροφής		OSB	18 mm					
			Κοιλότητα αέρα	80 mm					
			Πετροβάμβακας	120 mm					
			Ελαφρύς χάλυβας	17 kg/m ²					
	C2050 Τελειώματα οροφής		Γυψοσανίδα	15 mm					
			Βαφή	0.125 kg/m ²					
Εσωτερικό πάτωμα									
	C2030 Πάτωμα		Κεραμικά πλακάκια	31 kg/m ²	-	61062			
			Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	13 mm					
	B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου		OSB	18 mm					
			Κοιλότητα αέρα	160 mm					
			Πετροβάμβακας	40 mm					
			Ελαφρύς χάλυβας	14 kg/m ²					
			Γυψοσανίδα	15 mm					
	C2050 Τελειώματα οροφής		Βαφή	0.125 kg/m ²					
		Ισόγειο							
		C2030 Πάτωμα		Κεραμικά πλακάκια			31 kg/m ²	0.599	65957
			Σκυρόδεμα εξομάλυνσης	13 mm					
B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου			Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	180 mm					

		XPS	40 mm		
Εξωτερικός τοίχος					
	B2010.10 Ξύλινη επίστρωση εξωτερικού τοίχου	ETICS	13.8 kg/m ²	0.29 ^(*)	13391
	B2010.20 Εξωτερική τοιχοποιία	OSB	13 mm		
		Πετροβάμβακας	120 mm		
		Ελαφρύς χάλυβας	15 kg/m ²		
		Γυψοσανίδα	15 mm		
	C2010 Τελειώματα εσωτερικού τοίχου	Βαφή	0.125 kg/m ²		
Εσωτερικός τοίχος					
	C2010 Τελειώματα εσωτερικού τοίχου	Βαφή	0.125 kg/m ²	-	26782
	C1010 Εσωτερικά χωρίσματα	Γυψοσανίδα	15 mm		
		Πετροβάμβακας	60 mm		
		Ελαφρύς χάλυβας	10 kg/m ²		
		Γυψοσανίδα	15 mm		
	C2010 Τελειώματα εσωτερικού τοίχου	Βαφή	0.125 kg/m ²		

^(*) Διορθωμένες τιμές για θερμική γεφύρωση

4.1.3 Εφαρμογή της προσέγγισης των macro-στοιχείων

Σύμφωνα με τη γεωμετρία του κτιρίου και από τη χρήση των επιλεγμένων macro-στοιχείων (που αναφέρθηκαν στον Πίνακα 4.2), διεξήχθησαν οι περιβαλλοντικοί υπολογισμοί για το πλήρες κτίριο με διάρκεια ζωής 50 έτη. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην Εικ. 4.3, λαμβάνοντας υπόψη τις φάσεις που ορίζονται στο EN 15978. Το συγκεκριμένο γράφημα καταδεικνύει τη συνεισφορά κάθε φάσης ανά κατηγορία επιπτώσεων. Όπως παρατηρείται από το γράφημα αυτό, το στάδιο της παραγωγής του υλικού (φάσεις A1-A3) κυριαρχεί σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων (με συνεισφορές υψηλότερες του 60%).



Εικ. 4.3: Συνεισφορά κάθε φάσης ανά περιβαλλοντική κατηγορία

Το στάδιο λειτουργίας (φάση B4) και η ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών (φάση D) έχουν σημαντική συνεισφορά στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων, ενώ ακολουθεί σε συνεισφορά το στάδιο της κατεδάφισης (φάσεις C2 – C4). Σημειώνεται ότι στην Εικ. 4.3 οι αρνητικές τιμές που προέκυψαν για την φάση D δηλώνουν ότι για τη συγκεκριμένη λύση λαμβάνονται μονάδες λόγω της ανακύκλωσης και/ή ανάκτησης των υλικών μετά την κατεδάφιση του κτιρίου. Τα αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντική κατηγορία συνοψίζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής του κτιρίου

Περιβαλλοντική κατηγορία	Σύνολο
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	1.11E-01
ADP fossil [MJ]	4.38E+05
AP [kg SO2-Equiv.]	1.35E+02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1.53E+01
GWP [kg CO2-Equiv.]	3.54E+04
ODP [kg R11-Equiv.]	1.00E-03
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3.71E+01

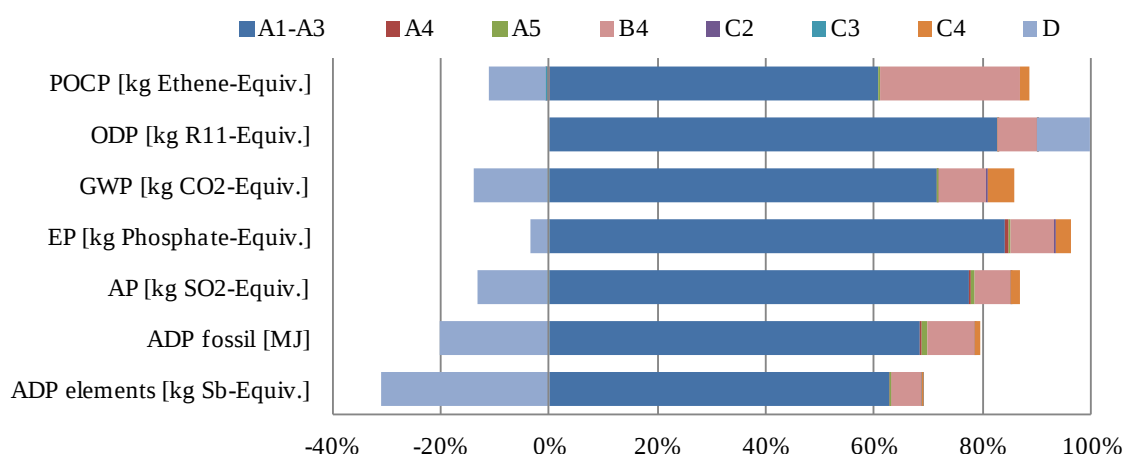
4.1.4 Σύγκριση με λεπτομερή ανάλυση κύκλου ζωής

Στην παρούσα ενότητα, αναλύεται η υπό μελέτη κατοικία της οικογένειας λαμβάνοντας υπόψη τις λεπτομέρειες όλου του κτιρίου και τα στάδια του κύκλου ζωής. Η ανάλυση κύκλου ζωής που παρουσιάζεται εδώ καλύπτει τα κενά της προσέγγισης macro-στοιχείων που περιγράφηκε προηγουμένως, δηλαδή τα θεμέλια του κτιρίου και το στάδιο της κατασκευής (φάση A5). Η πλήρης ανάλυση του κύκλου ζωής διεξήχθη με το λογισμικό *GaBi 6* (2012).

Τα θεμέλια του κτιρίου αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα και ο πρώτος όροφος του κτιρίου υψώνεται περίπου στα 50 cm από το έδαφος. Στο τέλος του κύκλου ζωής, το οπλισμένο σκυρόδεμα ανακυκλώνεται υποθέτοντας τα ίδια ποσοστά ανακύκλωσης.

Το στάδιο της κατασκευής (φάση A5) λαμβάνει υπόψη τις εξής διαδικασίες: (i) την προετοιμασία του εδάφους (εκσκαφή του εδάφους και μεταφορά του χώματος για εναπόθεση) και (ii) τη διαδικασία κατασκευής (χρήση του εξοπλισμού κατασκευής για τη δημιουργία της δομής κι ένα περνοφόρο για την ανύψωση των δομικών πανέλων). Η κατασκευή του κτιρίου θεωρήθηκε ότι διήρκεσε 1.5 μήνα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κύκλου ζωής, όπου λαμβάνονται υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής, παρουσιάζονται στην Εικ. 4.4.



Εικ. 4.4: Ανάλυση κύκλου ζωής του πλήρους κτιρίου

Το στάδιο παραγωγής υλικού (φάσεις A1-A3) κυριαρχεί σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων (με συνεισφορά μεγαλύτερη από 60%). Το στάδιο της κατασκευής (φάσεις A4-A5) έχει αμελητέα σημασία, η οποία κυμαίνεται από 0%, για τις κατηγορίες ODP, POCP και ADP_{elements} έως 2.1% για την περιβαλλοντική κατηγορία ADP_{fossil}. Το στάδιο λειτουργίας (φάση B4) και η ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών (φάση D) έχουν σημαντική συνεισφορά στις περισσότερες κατηγορίες επιπτώσεων, ενώ ακολουθεί το στάδιο της κατεδάφισης (φάσεις C2 – C4). Σημειώνεται ότι αυτά τα συμπεράσματα έχουν ήδη επιτευχθεί στην απλουστευμένη προσέγγιση παρά τους περιορισμούς της.

Τέλος, το σχετικό σφάλμα σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων της απλουστευμένης προσέγγισης σε σχέση με την πλήρη ανάλυση φαίνεται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Σφάλμα (%) σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων από τη χρήση της προσέγγισης των macro-στοιχείων

ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP	ODP	POCP
0.0%	-2.4%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-0.1%	-0.5%

Για τις περισσότερες περιβαλλοντικές κατηγορίες το σφάλμα είναι αμελητέο. Φυσικά, η εξέταση άλλων συστημάτων κατασκευής μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη σημασία του σταδίου κατασκευής.

Ως εκ τούτου, παρά τους περιορισμούς της προσέγγισης των macro-στοιχείων, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προτεινόμενη μεθοδολογία συμφωνούν με αποτελέσματα της λεπτομερούς ανάλυσης του κύκλου ζωής.

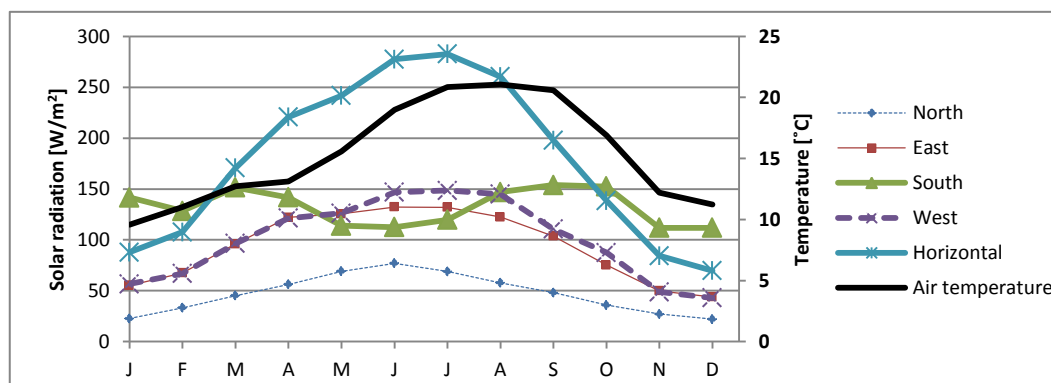
4.2 Επικύρωση της προσέγγισης για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών

Η επικύρωση της προσέγγισης που υιοθετήθηκε για τον υπολογισμό της ενέργειας βασίζεται στην ίδια μελέτη περίπτωσης. Στις παραγράφους που ακολουθούν, περιγράφονται όλα τα επιπλέον δεδομένα εισόδου και η διαδικασία υπολογισμού.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσέγγιση που υιοθετήθηκε συγκρίνονται με τα αποτελέσματα που έδωσε η προηγμένη δυναμική ανάλυση με χρήση του *DesignBuilder/EnergyPlus* (2012).

4.2.1 Κλιματικά δεδομένα και θερμικά χαρακτηριστικά εδάφους

Το κτίριο βρίσκεται στην Κοίμπρα η οποία ανήκει στην κλιματική περιοχή Csb. Οι αντίστοιχες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζονται στην Εικ. 4.5.



Εικ. 4.5: Κλιματικά δεδομένα της Κοίμπρα: ηλιακή ακτινοβολία και εξωτερική θερμοκρασία αέρα

Ως θερμικά χαρακτηριστικά του εδάφους λήφθηκαν οι προεπιλεγμένες τιμές όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10.

4.2.2 Δεδομένα σχετικά με συνθήκες λειτουργίας

Για το πρόγραμμα πληρότητας και τη ροή θερμότητας εξαιτίας των εσωτερικών φορτίων (δραστηριότητα ενοίκων, συσκευές και φωτισμός) λήφθηκαν οι τιμές που παρέχονται από το ISO 13790 και παρουσιάστηκαν προηγουμένως στον Πίνακα

3.13. Οι θερμοκρασίες άνεσης θεωρήθηκε ότι ανέρχονται στους 20°C και 25°C για τη χειμερινή και θερινή περίοδο, αντίστοιχα.

4.2.3 Υπηρεσίες κτιρίου

Ομοίως, για τις τεχνικές πληροφορίες και το πρόγραμμα των υπηρεσιών του κτιρίου (θέρμανση, ψύξη, αερισμός και παραγωγή ZNX) χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των προεπιλεγμένων τιμών που παρουσιάζονται στον Πίνακας 4.5.

Πίνακας 4.5: Δεδομένα εισόδου κτιριακών συστημάτων (προεπιλεγμένες τιμές)

Υπηρεσίες Κτιρίου	Τιμές
Κλιματισμός (Σημεία αναφοράς 20°C – 25°C) ⁽¹⁾	COP Θέρμανσης = 4.0 COP Ψύξης = 3.0
Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ²	Απόδοση: 0.9
Αερισμός + ρυθμός διείσδυσης ⁽³⁾ (Σταθερές τιμές)	0.6 ac/h (Κατάσταση θέρμανσης) 1.2 ac/h (Κατάσταση ψύξης)

(1) από ISO13790 (2008) – Πίνακας G.12;

(2) σύμφωνα με το EN 15316-3-1 (2007);

(3) εξαρτάται από την αεροστεγανότητα του κτιριακού κελύφους και τις στρατηγικές παθητικής ψύξης

4.2.4 Υάλινο κέλυφος και λειτουργικές προδιαγραφές σκίασης

Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των υάλινων στοιχείων φαίνονται στον Πίνακας 4.6. Στην περίπτωση αυτή, λήφθηκαν υπόψη παράθυρα με διπλό τζάμι και πλαίσιο από PVC.

Πίνακας 4.6: Οπτικές και θερμικές ιδιότητες του παραθύρου (υαλοπίνακας + πλαίσιο)

Υλικά	U-value [W/m ² .K]	SHGC
PVC πλαίσιο διπλό τζάμι (8+6 mm, με κενό αέρα of 14 mm)	2.597	0.780

Οι θερμικές ιδιότητες των συσκευών σκίασης λήφθηκαν από τον Πίνακας 4.7.

Πίνακας 4.7: Θερμικές και οπτικές ιδιότητες των συσκευών σκίασης

Στοιχείο	Ηλιακή διαπερατότητα	Ηλιακή ανάκλαση	R [m ² .K/W]	g _{gl+sh}
Παραθυρόφυλλα	0.02	0.80	0.260*	0,04**

*περιλαμβάνονται παραθυρόφυλλα και κενό αέρα (ISO 10077, 2006); **EN 13363-1, 2007.

4.2.5 Αδιαφανές κέλυφος

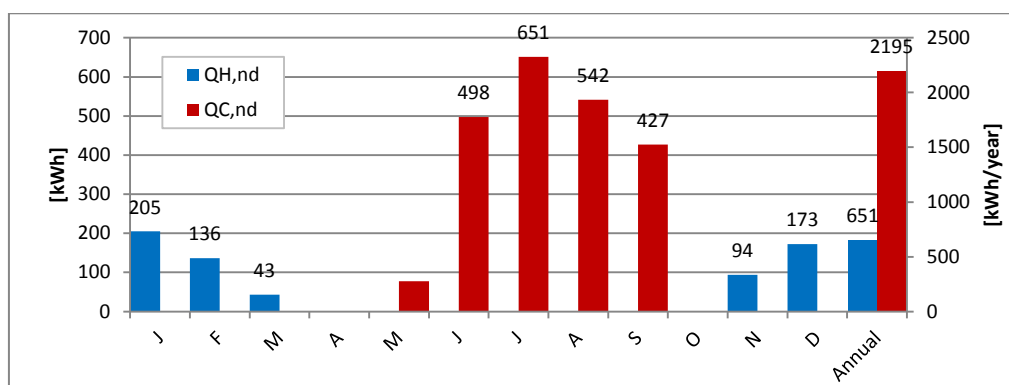
Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των αδιαφανών στοιχείων των προσόψεων λαμβάνονται από τα macro-στοιχεία (βλ. Πίνακας 4.2).

Το χρώμα του εξωτερικού αδιαφανούς κελύφους του κτιρίου επηρεάζει τα ηλιακά κέρδη. Λήφθηκε υπόψη το γεγονός ότι το κτίριο είναι ανοιχτόχρωμο με συντελεστή απορροφητικότητας 0.4.

4.2.6 Αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Στην περίπτωση αυτή, η ενεργειακή ανάγκη που υπολογίστηκε με τον μηνιαίο αλγόριθμο ανέρχεται στις 651.3 kWh και 2195.0 kWh το χρόνο, για θέρμανση και ψύξη χώρου, αντίστοιχα. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή ανάγκη το χρόνο για θέρμανση και ψύξη είναι 2846.3 kWh (23.0 kWh/m^2) και για την παραγωγή ZNX είναι 2642 kWh (21.3 kWh/m^2).

Οι ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση χώρου το μήνα παρουσιάζεται στην Εικ. 4.6.



Εικ. 4.6: Ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση (με βάση τον μηνιαίο αλγόριθμο)

4.2.7 Σύγκριση με προηγμένη αριθμητική προσομοίωση

Διεξήχθη μία σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τον μηνιαίο αλγόριθμο και των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν από τις προηγμένες δυναμικές προσομοιώσεις με σκοπό την εκτίμηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της πρώτης περίπτωσης.

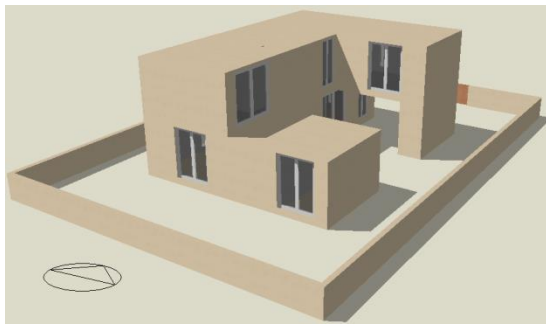
4.2.7.1 Μοντέλο δυναμικής προσομοίωσης

Η προηγμένη δυναμική προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου διεξήχθη με χρήση του λογισμικού DesignBuilder (2012). Η πηγή των δεδομένων καιρού που χρησιμοποιήθηκαν στην προσομοίωση ήταν η ίδια με την πηγή που χρησιμοποιήθηκε στην απλουστευμένη προσέγγιση. Ωστόσο, στην προκειμένη περίπτωση αντί για μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας ξηρού βολβού και ηλιακής

ακτινοβολίας, χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες τιμές για όλες τις παραμέτρους του καιρού.

Η τρισδιάστατη προηγμένη μοντελοποίηση επιτρέπει την προσομοίωση όλης της αρχιτεκτονικής του κτιρίου όπως αυτή απεικονίζεται στις Εικ. 4.1 και Εικ. 4.2. Η Εικ. 4.7 παρουσιάζει δύο πλάγιες όψεις του DesignBuilder μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε στη δυναμική προσομοίωση. Το κτιριακό μοντέλο συντέθηκε με χρήση δέκα διαφορετικών θερμικών ζωνών, οι οποίες αντιστοιχούν σε εσωτερικά μέρη του κτιρίου (Εικ. 4.8):

- (i) στον ημιώροφο μηχανολογικών εγκαταστάσεων στο υπόγειο, ο οποίος μοντελοποιήθηκε ως χώρος χωρίς συνθήκες,
- (ii) στο ισόγειο, το οποίο διαθέτει τρεις θερμικές ζώνες,
- (iii) στον πρώτο όροφο με πέντε θερμικές ζώνες,
- (iv) στον χώρο ο οποίος είναι κοινός για ισόγειο και πρώτο όροφο και περιλαμβάνει τους διαδρόμους και το κλιμακοστάσιο.

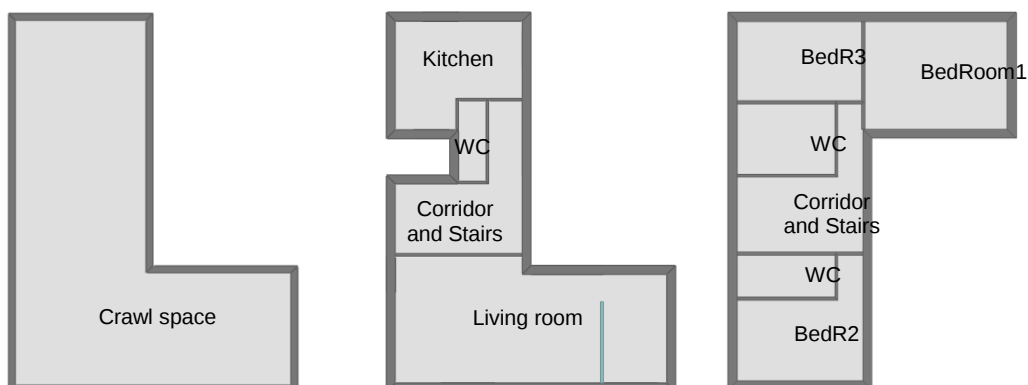


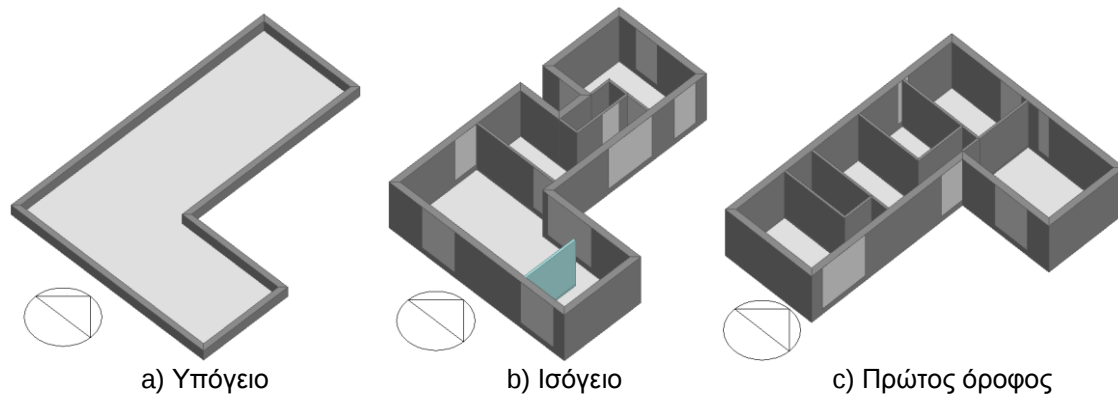
α) Νότια και δυτική όψη



β) Βόρεια και ανατολική όψη

Εικ. 4.7: Πλάγιες όψεις του κτιριακού μοντέλου

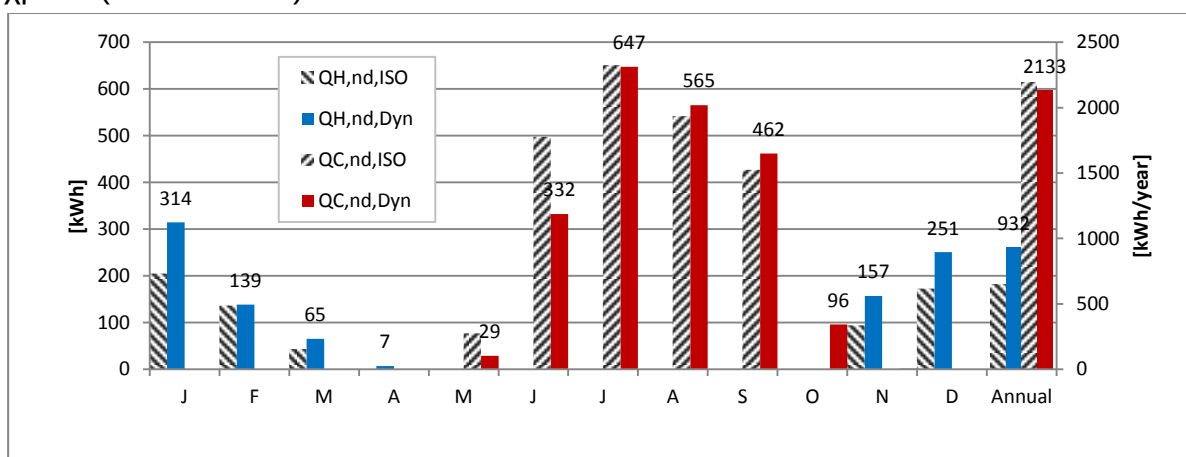




Εικ. 4.8: Διάταξη των ορόφων

Τα δομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο είναι τα ίδια με αυτά που περιγράφηκαν στην προσέγγιση των macro-στοιχείων (βλ. Πίνακας 4.2, Πίνακας 4.6 και Πίνακας 4.7, αντίστοιχα για αδιαφανή, υάλινα στοιχεία και συσκευές σκίασης). Ομοίως, ακολουθήθηκε και η ίδια στρατηγική όσον αφορά στον έλεγχο της σκίασης παραθύρων. Επιπλέον, το πρόγραμμα πληρότητας, το ποσοστό αερισμού και διείσδυσης αέρα, η απόδοση και το πρόγραμμα του εξοπλισμού για κλιματισμό λαμβάνονται επίσης από την προηγούμενη ανάλυση.

Μία γραφική σύγκριση μεταξύ των μηνιαίων κι ετήσιων ενεργειακών αναγκών για θέρμανση και ψύξη υπολογισμένων και από τις δύο προσεγγίσεις παρατίθεται στην Εικ. 4.9. Οι ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη χώρου που παρέχονται από τις δυναμικές προσομοιώσεις ανέρχονται στις 932.4 kWh και 2133.3 kWh, αντίστοιχα, οδηγώντας σε μία συνολική ενεργειακή ανάγκη 3065.7 το χρόνο (24.8 kWh/m^2).



Εικ. 4.9: Ενεργειακές ανάγκες κτιρίου για ψύξη και θέρμανση: δυναμικές προσομοιώσεις (Dyn) ενάντια μηνιαίου αλγορίθμου (ISO)

Όπως παρατηρείται από την Εικ. 4.9, οι ενεργειακές ανάγκες που υπολογίστηκαν με την απλουστευμένη προσέγγιση (μηνιαία μέθοδος) δείχνουν να συμφωνούν

ικανοποιητικά με τα αποτελέσματα των δυναμικών υπολογισμών. Στη σύγκριση της συνολικής ενεργειακής ανάγκης (σε θέρμανση και ψύξη) του ανεπτυγμένου σταδίου (2846.3 kWh/year) με δυναμικό υπολογισμό, παρατηρείται σφάλμα της τάξης του -7.2%.

4.3 Τελικές Παρατηρήσεις

Οι δύο απλουστευμένες προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στο παρόν έγγραφο αποφεύγουν τη χρήση πολύπλοκων εργαλείων όπως η AKZ η οποία συνήθως απαιτεί κάποια εξειδίκευση στον τομέα, και παρέχουν σημαντική μείωση στο χρόνο που απαιτείται συνήθως για τη διεξαγωγή τέτοιου είδους ανάλυσης.

Η επικύρωση και των δύο προσεγγίσεων βασίστηκε στη σύγκριση με προηγμένες αναλύσεις που διεξήχθησαν με χρήση των εμπορικών πακέτων *GaBi 6* (2012) και *DesignBuilder* (2012), για αξιολόγηση του κύκλου ζωής και ποσοτικοποίηση της ενέργειας αντίστοιχα.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων και από τα δύο είδη αναλύσεων διευκολύνει να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η ακρίβεια και των δύο προσεγγίσεων είναι πολύ λογική.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Blendspace <https://www.blendspace.com/lessons/hMYwDSTKeg6ssQ/essential-question-how-can-i-protect-this-environment> (last accessed in 2013).

CPA, 2012. Construction Product Association “A guide to understanding the embodied impacts of construction products” [ISBN 978-0-9567726-6-4]

DesignBuilder software v3.0.0.105, www.designbuilder.co.uk/, 2012

EERE-USDoE, Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6 (last accessed March 2014)

EN 13363-1. (2007). Solar protection devices combined with glazing - Part 1: Simplified method. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15193, (2007) Thermal performance of buildings - Energy requirements for lighting, CEN – European Committee for Standardization.

EN 15265, (2007) Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15316-3-1, (2007) Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.

EN 15643-1. 2010. Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings — Part 1: General framework. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15804. 2012. Sustainability of Construction Works — Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15978. 2011. Sustainability of Construction Works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN ISO 13786, (2007) Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods, CEN – European Committee for Standardization.

EN ISO 6946, (2007) Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method, CEN – European Committee for Standardization.

EPA. U.S. Environmental protection Agency. Climate change. (<http://www.epa.gov/climatechange/>) (last accessed in 19/09/2009).

EPD.http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/images/smog_cause_eng.jpg

Forsberg, A., von Malmberg F. 2004. Tools for environmental assessment of the built environment. In: Building and Environment, 39, pp. 223-228.

GaBi 6 (2012). Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Version 5.56. PE International AG, Leinfelden-Echterdingen, Germany

GaBi databases 2006. PE INTERNATIONAL GmbH; LBP-GaBi, University of Stuttgart: GaBi Software System, Leinfelden-Echterdingen / Germany, 2009.

Gervásio, H., Martins, R., Santos, P., Simões da Silva, L., “A macro-component approach for the assessment of building sustainability in early stages of design”, *Building and Environment* 73 (2014), pp. 256-270, DOI information: 10.1016/j.buildenv.2013.12.015.

Google Earth Software Website: www.google.co.uk/intl/en_uk/earth/ (last accessed January 2014).

Gorgolewski, M. (2007) Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. *Building and Environment*, 42(1), 230–236.

Guinée, J.B.; Gorée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.

Heijungs, R., Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R., Udo de Haes, H., Sleeswijk, A., Ansems, A., Egges, P., van Duin, R. and de Goede, H. 1992. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML. Leiden University. Leiden

Howard N, Edwards S and Anderson J. 1999. Methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings. BRE Report BR 370. Watford. (<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>)

Huijbregts, M. 2001. Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment. PhD. Thesis. University of Amsterdam. The Netherlands.

IEA. 2001. LCA methods for buildings. Annex 31 – Energy-related environmental impact of buildings. International Energy Agency.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report – Climate Change 2007. IPCC, Geneva, Switzerland

ISO 10077, (2006) Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13370, (2007) Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13789, (2007) Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13790, (2008) Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

ISO 14025. 2006. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

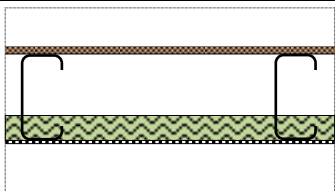
ISO 14040. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 14044. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jönsson Å. 2000. Tools and methods for environmental assessment of building products - methodological analysis of six selected approaches. In: *Building and Environment*, 35, pp. 223-238.

- Kellenberger D. 2005. Comparison and benchmarking of LCA-based building related environmental assessment and design tools. EMPA Dubendorf, Technology and Society Laboratory, LCA group.
- Kortman J, van Ejwik H, Mark J, Anink D, Knapen M. 1998. Presentation of tests by architects of the LCA-based computer tool EcoQuantum domestic. Proceedings of Green Building Challenge 1998. Vancouver. Canada (<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/product7.htm>)
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B and Rubel F (2006) World map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259–263.
- LCI, 2001. World Steel Life Cycle Inventory. Methodology report 1999/2000. International Iron and Steel Institute. Committee on Environmental Affairs, Brussels.
- Lippiatt, B. 2002. Building for environmental and economical sustainability. Technical manual and user guide (BEES 3.0). National Institute of Standards and Technology (NIST). Report NISTIR 6916. (<http://www.bfml.nist.gov/oae/software/bees.html>).
- RCCTE (2006) Portuguese code of practice for thermal behaviour and energy efficiency of residential buildings. Decreto-Lei n.80/2006. Regulamento das Características Térmicas dos Edifícios (in Portuguese:). Lisboa, Portugal: Diário da República.
- Reijnders L., van Roekel A. 1999. Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. In: *Journal of Cleaner Production*, 7, pp. 221-225.
- Santos P., Gervásio H., Simões da Silva L., & Gameiro A. (2011). Influence of climate change on the energy efficiency of light-weight steel residential buildings. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28, 325–352.
- Santos P., Simões da Silva L., & Ungureanu V. 2012. *Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings*. European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Technical Committee 14 - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, ISBN 978-92-9147-105-8, N. 129, 1st edition.
- SB_Steel, 2014. Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel
- Steel Recycling Institute. <http://www.recycle-steel.org/construction.html> (last accessed in 31/08/2009)
- The energy library. <http://theenergylibrary.com/node/324>
- Trusty WB, Associates. 1997. Research guidelines. ATHENATM Sustainable Materials Institute. Merrickville. Canada. (<http://www.athenasmi.ca/about/lcaModel.html>)
- UNEP, 2004. Why take a life cycle approach? United Nations Publication. ISBN: 92-807-24500-9
- UniFormat™: A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies (2010). The Construction Specification Institute (CSI), Alexandria, VA, and Construction Specifications Canada (CSC), Toronto, Ontario. ISBN 978-0-9845357-1-2.
- Werner, F. 2005. Ambiguities in decision-oriented life cycle inventories – The role of mental models and values. Doi 10.1007/1-4020-3254-4. Springer Netherlands
- Wikipedia, 2013a. http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_pollution
- Wikipedia, 2013b. http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_resource
- Worldsteel organization. <http://www.worldsteel.org/index.php> (last accessed in 31/08/2009)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ MACRO-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου					
B1010.10.1a	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	OSB (mm)	18	Αποτέφρωση	80	
	Κοιλότητα αέρα (mm)	160			
	Πετροβάμβακας (mm)	40	Ανακύκλωση	80	
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80	
	LWS (kg/m2)	14	Ανακύκλωση	90	
B1010.10.1a - AKZ					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,83E-05	1,76E-09	1,54E-09	3,37E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,48E+02	6,54E-01	5,72E-01	1,31E+00	-3,35E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,70E-01	2,11E-04	1,83E-04	5,74E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,41E-02	4,86E-05	4,20E-05	8,79E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,12E+01	4,71E-02	4,12E-02	3,86E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	8,25E-13	7,21E-13	7,21E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,53E-02	-6,89E-05	-5,95E-05	1,49E-04	-1,07E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

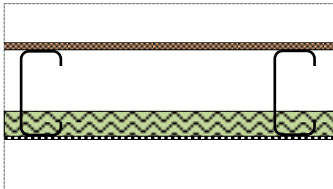
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Πετροβάμβακας	PE International	Ευρώπη	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Υγειονομική ταφή αδρανών	PE International	Γερμανία	2011

υλικών					
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007		
B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου					
B1010.10.1b	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	OSB (mm)	18	Αποτέφρωση	80	
	Κοιλότητα αέρα (mm)	160	-	-	
	EPS (mm)	40	Αποτέφρωση	80	
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80	
	LWS (kg/m2)	14	Ανακύκλωση	90	
B1010.10.1b - AKZ					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,75E-05	1,53E-09	1,34E-09	3,80E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,36E+02	5,70E-01	5,00E-01	1,37E+00	-3,57E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,30E-01	1,84E-04	1,60E-04	6,24E-04	-5,26E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,54E-03	4,24E-05	3,68E-05	1,00E-04	-1,48E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,68E+01	4,11E-02	3,60E-02	2,48E+00	-1,63E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,21E-07	7,19E-13	6,31E-13	6,98E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,55E-02	-6,01E-05	-5,20E-05	1,42E-04	-1,12E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία - AKZ	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
EPS	PE International	Ευρώπη	2011

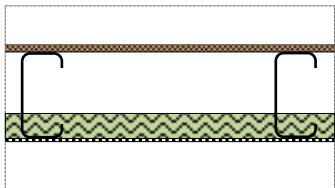
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008

Αποτέφρωση EPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου				
B1010.10.1c	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	18	Αποτέφρωση	80
	Κοιλότητα αέρα (mm)	160		
	XPS (mm)	40	Αποτέφρωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	LWS (kg/m2)	14	Ανακύκλωση	90

B1010.10.1c -AKZ						
	A1-A3	A4	C2	C4	D	
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,42E-08	-1,96E-04	
ADP fossil [MJ]	5,75E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,54E+00	-3,70E+02	
AP [kg SO2-Equiv.]	1,33E-01	1,87E-04	1,62E-04	7,16E-04	-5,74E-02	
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,73E-03	4,30E-05	3,73E-05	1,17E-04	-1,77E-03	
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,79E+01	4,16E-02	3,65E-02	3,78E+00	-1,72E+01	
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,29E-13	6,40E-13	7,61E-11	1,75E-07	
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,49E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,54E-04	-1,15E-02	

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

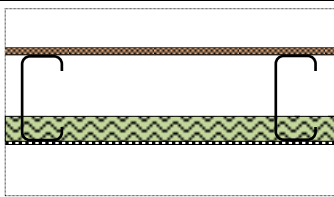
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
XPS	PE International	Γερμανία	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Αποτέφρωση XPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου				
B1010.10.1d	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	18	Αποτέφρωση	80
	Κοιλότητα αέρα (mm)	160		
	PUR (mm)	40	Αποτέφρωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	LWS (kg/m2)	14	Ανακύκλωση	90

B1010.10.1d - AKZ						
	A1-A3	A4	C2	C4	D	
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,65E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,48E-08	-1,96E-04	
ADP fossil [MJ]	6,19E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,76E+00	-3,57E+02	
AP [kg SO2-Equiv.]	1,37E-01	1,87E-04	1,62E-04	1,43E-03	-5,26E-02	
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	4,30E-05	3,73E-05	3,06E-04	-1,48E-03	
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,18E+01	4,16E-02	3,65E-02	2,59E+00	-1,63E+01	
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	7,29E-13	6,40E-13	8,46E-11	1,76E-07	
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,37E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,90E-04	-1,12E-02	

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
PUR	PE International	Γερμανία	2011

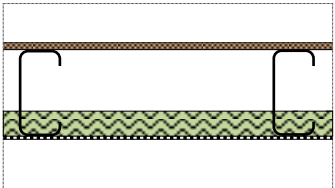
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Αποτέφρωση PUR	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.1e	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	18	Αποτέφρωση	80
	Κοιλότητα αέρα (mm)	160		
	Φελλός (mm)	40	Ανακύκλωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	LWS (kg/m ²)	14	Ανακύκλωση	90

B1010.10.1e - AKZ

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	1,64E-09	1,43E-09	3,09E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,04E+02	6,09E-01	5,32E-01	1,21E+00	-3,35E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,35E-01	1,97E-04	1,70E-04	5,26E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,13E-02	4,53E-05	3,91E-05	8,06E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	4,75E+01	4,38E-02	3,83E-02	3,54E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,68E-13	6,71E-13	6,61E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,27E-02	-6,42E-05	-5,54E-05	1,37E-04	-1,07E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Φελλός	PE International	Γερμανία	2011

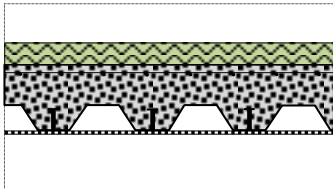
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
------------	----------------	-------------------	--------

Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011
---------------------	------------------	---------	------

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου				
B1010.10.2a	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	PE (mm)	20	Αποτέφρωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m2)	410	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m2)	8.24	Ανακύκλωση	70
	Λαμαρίνα (kg/m2)	11.10	Ανακύκλωση	70
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	Μεταλλικός σκελετός (kg/m2)	40	Ανακύκλωση	90

B1010.10.2a - AKZ					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,61E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,44E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,93E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,77E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,58E+01	-3,67E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,27E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,90E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική διαπερατότητα (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Λαμαρίνα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Δομικός χάλυβας	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008

PE	PE International	Γερμανία	2011
----	------------------	----------	------

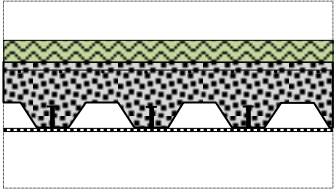
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση PE	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.2b	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	EPS (mm)	20	Αποτέφρωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m ²)	410	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m ²)	8.24	Ανακύκλωση	70
	Λαμαρίνα (kg/m ²)	11.10	Ανακύκλωση	70
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	Μεταλλικός σκελετός (kg/m ²)	40	Ανακύκλωση	90

B1010.10.2b - AKZ

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,54E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,89E+01	-3,37E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	3,92E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,94E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,64E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,27E-03	-2,61E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	1,50E+02	5,55E-01	4,86E-01	1,54E+01	-3,62E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,91E-06	9,73E-12	8,50E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,92E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,53E-03	-1,88E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια (κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Λαμαρίνα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Δομικός χάλυβας	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
EPS	PE International	Ευρώπη	2011

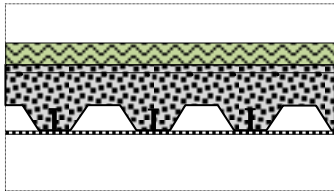
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση EPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.2c	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	XPS (mm)	20	Αποτέφρωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m ²)	410	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m ²)	8.24	Ανακύκλωση	70
	Λαμαρίνα (kg/m ²)	11.10	Ανακύκλωση	70
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	Μεταλλικός σκελετός (kg/m ²)	40	Ανακύκλωση	90

B1010.10.2c - AKZ

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,43E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	3,94E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,19E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,74E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,75E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,60E+01	-3,66E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,39E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,89E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Λαμαρίνα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Δομικός χάλυβας	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
XPS	PE International	Γερμανία	2011

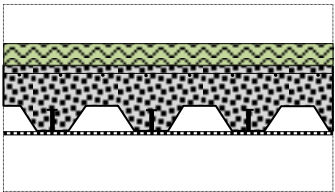
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση XPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.2d	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	Φελλός (mm)	20	Ανακύκλωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m ²)	410	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m ²)	8.24	Ανακύκλωση	70
	Λαμαρίνα (kg/m ²)	11.10	Ανακύκλωση	70
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Ανακύκλωση	80
	Μεταλλικός σκελετός (kg/m ²)	40	Ανακύκλωση	90

B1010.10.2d - AKZ

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,25E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,52E+03	7,73E+00	6,76E+00	4,88E+01	-3,26E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	3,95E-01	2,50E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,54E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,73E-02	5,75E-04	4,97E-04	3,26E-03	-2,37E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	1,51E+02	5,57E-01	4,87E-01	1,43E+01	-3,53E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,75E-12	8,53E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,28E-02	-8,15E-04	-7,03E-04	5,53E-03	-1,86E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

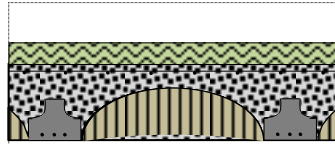
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Λαμαρίνα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Δομικός χάλυβας	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Φελλός	PE International	Γερμανία	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου					
B1010.10.3a	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	PE (mm)	20	Αποτέφρωση	80	
	Σκυρόδεμα (kg/m2)	455.4	Ανακύκλωση	70	
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m2)	21.17	Ανακύκλωση	70	
B1010.10.3a					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,27E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,99E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	1,62E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,80E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,55E-03	-7,25E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,70E+01	-5,44E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,23E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,31E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
PE	PE International	Γερμανία	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

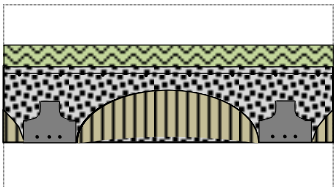
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

Αποτέφρωση PE	PE International	Ευρώπη	2011
---------------	------------------	--------	------

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.3b	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	EPS (mm)	20	Αποτέφρωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m ²)	455.4	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m ²)	21.17	Ανακύκλωση	70

B1010.10.3b

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,38E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,18E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,30E+01	-4,24E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,61E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,31E-02	-1,52E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,11E-02	5,71E-04	4,93E-04	3,55E-03	-5,61E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,36E+01	5,53E-01	4,83E-01	1,66E+01	-4,87E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,93E-07	9,68E-12	8,46E-12	2,90E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,87E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,14E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
EPS	PE International	Ευρώπη	2011

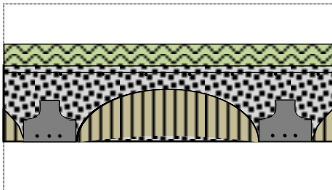
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Αποτέφρωση EPS	PE International	Ευρώπη	2011

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.3c	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	XPS (mm)	20	Αποτέφρωση	80	
	Σκυρόδεμα (kg/m2)	455.4	Ανακύκλωση	70	
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m2)	21.17	Ανακύκλωση	70	
B1010.10.3c					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,35E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,89E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	1,63E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,77E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,56E-03	-7,04E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,72E+01	-5,37E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,35E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,01E-03	-2,28E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
XPS	PE International	Ευρώπη	2011

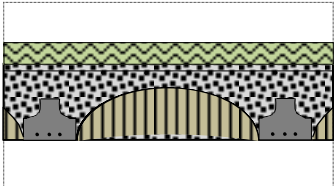
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Αποτέφρωση XPS	PE International	Ευρώπη	2011

B1010.10 Δομικός σκελετός δαπέδου

B1010.10.3d	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	Φελλός (mm)	20	Ανακύκλωση	80
	Σκυρόδεμα (kg/m ²)	455.4	Ανακύκλωση	70
	Ράβδοι οπλισμού (kg/m ²)	21.17	Ανακύκλωση	70

B1010.10.3d

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,40E-05	2,07E-08	1,83E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,02E+02	7,69E+00	6,80E+00	5,29E+01	-3,17E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,64E-01	2,49E-03	2,18E-03	2,31E-02	-1,12E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,19E-02	5,72E-04	5,00E-04	3,54E-03	-3,22E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,40E+01	5,54E-01	4,90E-01	1,55E+01	-4,05E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,71E-12	8,58E-12	2,90E-09	3,62E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,24E-02	-8,11E-04	-7,07E-04	6,00E-03	-1,91E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Σκυρόδεμα	PE International	Γερμανία	2011
Ράβδοι οπλισμού	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Φελλός	PE International	Γερμανία	2011

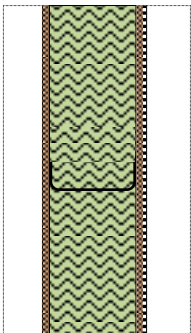
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.1a	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	13	Αποτέφρωση	80
	Πετροβάμβακας (mm)	120	Ανακύκλωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Υγειονομική ταφή	
	LWS (kg/m2)	15	Ανακύκλωση	90

B1010.20.1a

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,06E-05	2,19E-09	1,92E-09	4,32E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,09E+02	8,14E-01	7,12E-01	1,68E+00	-3,05E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	2,65E-01	2,63E-04	2,28E-04	7,35E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,41E-02	6,05E-05	5,23E-05	1,13E-04	-1,17E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	6,50E+01	5,86E-02	5,13E-02	4,94E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,43E-07	1,03E-12	8,98E-13	9,24E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,27E-02	-8,58E-05	-7,40E-05	1,91E-04	-1,13E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² of an exterior wall of a building, designed for a service life of 50 years, with a thermal transmittance (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007

Πετροβάμβακας	PE International	Ευρώπη	2011
---------------	------------------	--------	------

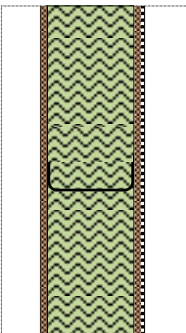
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.1b	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	13	Αποτέφρωση	80
	EPS (mm)	120	Αποτέφρωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Υγειονομική ταφή	
	LWS (kg/m ²)	15	Ανακύκλωση	90

B1010.20.1b

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,82E-05	1,93E-09	1,62E-09	5,61E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	6,75E+02	7,18E-01	6,00E-01	1,84E+00	-3,70E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,44E-01	2,32E-04	1,92E-04	8,87E-04	-7,24E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,03E-02	5,34E-05	4,41E-05	1,50E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	5,18E+01	5,17E-02	4,33E-02	6,79E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,13E-07	9,05E-13	7,57E-13	8,54E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,33E-02	-7,57E-05	-6,24E-05	1,70E-04	-1,27E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
EPS	PE International	Ευρώπη	2011

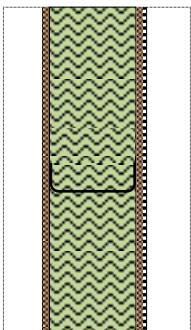
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Αποτέφρωση EPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.1c	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	13	Αποτέφρωση	80
	XPS (mm)	120	Αποτέφρωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Υγειονομική ταφή	
	LWS (kg/m2)	15	Ανακύκλωση	90

B1010.20.1c

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,99E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,46E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,89E+02	8,33E-01	6,85E-01	2,36E+00	-4,08E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,53E-01	2,69E-04	2,19E-04	1,16E-03	-8,70E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	6,20E-05	5,04E-05	2,01E-04	-3,46E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,52E+01	6,00E-02	4,94E-02	1,07E+01	-2,52E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,41E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,04E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,16E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	2,06E-04	-1,36E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
XPS	PE International	Γερμανία	2011

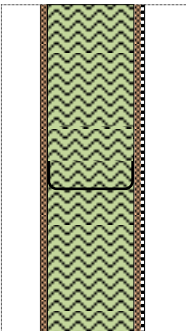
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Αποτέφρωση XPS	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.1d	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	13	Αποτέφρωση	80
	PUR (mm)	120	Αποτέφρωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Υγειονομική ταφή	
	LWS (kg/m2)	15	Ανακύκλωση	90

B1010.20.1d

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	8,52E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,64E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	9,22E+02	8,33E-01	6,85E-01	3,02E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,66E-01	2,69E-04	2,19E-04	3,30E-03	-7,23E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,43E-02	6,20E-05	5,04E-05	7,68E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	6,70E+01	6,00E-02	4,94E-02	7,11E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,44E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,30E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,81E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	3,15E-04	-1,27E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
PUR	PE International	Γερμανία	2011

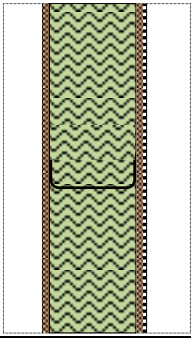
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Αποτέφρωση PUR	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.1e	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	OSB (mm)	13	Αποτέφρωση	80
	Φελλός (mm)	120	Ανακύκλωση	80
	Γυψοσανίδα (mm)	15	Υγειονομική ταφή	
	LWS (kg/m ²)	15	Ανακύκλωση	90

B1010.20.1e

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	3,49E-09	1,60E-09	3,48E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	5,78E+02	1,30E+00	5,94E-01	1,36E+00	-3,05E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,60E-01	4,19E-04	1,90E-04	5,92E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,55E-02	9,64E-05	4,37E-05	9,07E-05	-1,17E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	5,39E+01	9,34E-02	4,28E-02	3,98E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,40E-07	1,64E-12	7,49E-13	7,44E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,50E-02	-1,37E-04	-6,17E-05	1,54E-04	-1,13E-02

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
OSB	PE International	Γερμανία	2008
Γυψοσανίδα	PE International	Ευρώπη	2008
Ελαφρύς χάλυβας (LWS)	Worldsteel	Υφήλιος	2007
Φελλός	PE International	Γερμανία	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 and C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση OSB	PE International	Γερμανία	2008
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Ανακύκλωση χάλυβα	Worldsteel	Υφήλιος	2007

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.2a	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0		
	Πετροβάμβακας (mm)	60	Ανακύκλωση	80

	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	
B1010.20.2a				
	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,00E-06	1,37E-08	1,20E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,11E+02	5,10E+00	4,46E+00	6,05E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,33E-01	1,65E-03	1,43E-03	2,64E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,58E-02	3,79E-04	3,28E-04	4,04E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	8,12E+01	3,67E-01	3,21E-01	1,78E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,62E-09	6,43E-12	5,62E-12	3,32E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,21E-02	-5,37E-04	-4,64E-04	6,86E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

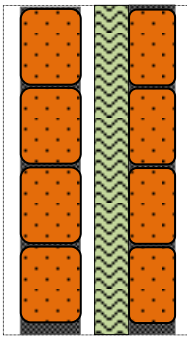
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011
Πετροβάμβακας	PE International	Ευρώπη	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου					
B2010.20.2b	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0			
	EPS (mm)	60	Αποτέφρωση	80	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
B1010.20.2b					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,56E-06	-4,49E-08
ADP fossil [MJ]	5,94E+02	4,97E+00	4,35E+00	6,06E+01	-3,21E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	7,23E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,65E-02	-1,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	8,96E-03	3,70E-04	3,20E-04	4,06E-03	-7,17E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,46E+01	3,58E-01	3,13E-01	2,09E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	8,86E-08	6,27E-12	5,48E-12	3,31E-09	-4,97E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,74E-02	-5,24E-04	-4,52E-04	6,85E-03	-7,02E-04

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

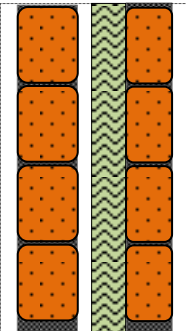
Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011
EPS	PE International	Ευρώπη	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
------------	----------------	-------------------	--------

Αποτέφρωση EPS	PE International	Ευρώπη	2011		
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011		
B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου					
B2010.20.2c	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0			
	XPS (mm)	60	Αποτέφρωση	80	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
B1010.20.2c					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,64E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-7,18E-08
ADP fossil [MJ]	6,51E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,08E+01	-5,14E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	7,67E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,66E-02	-1,95E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,23E-03	3,71E-04	3,20E-04	4,09E-03	-1,15E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,63E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,29E+01	-3,94E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	3,00E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,32E-09	-7,96E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,15E-02	-5,25E-04	-4,53E-04	6,87E-03	-1,12E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

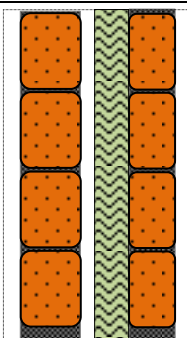
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011
XPS	PE International	Γερμανία	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία		
Αποτέφρωση XPS	PE International	Ευρώπη	2011		
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011		
B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου					
B2010.20.2d	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0			
	PUR (mm)	60	Αποτέφρωση	80	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή		
B1010.20.2d					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,13E-05	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-4,52E-08
ADP fossil [MJ]	7,17E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,12E+01	-3,22E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	8,33E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,77E-02	-1,21E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	3,71E-04	3,20E-04	4,37E-03	-7,15E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	8,22E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,11E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	4,11E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,34E-09	-4,99E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	9,80E-03	-5,25E-04	-4,53E-04	6,92E-03	-7,02E-04

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:**Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3**

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011
PUR	PE International	Γερμανία	2011

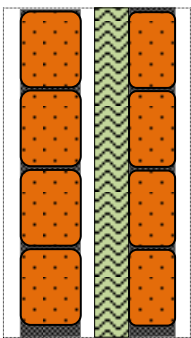
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Αποτέφρωση PUR	PE International	Ευρώπη	2011
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.2e	Υλικά	Πάχος/ πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0		
	Φελλός (mm)	60	Ανακύκλωση	80
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	

B1010.20.2e

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,27E-06	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	5,46E+02	5,03E+00	4,40E+00	6,03E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	8,06E-02	1,63E-03	1,41E-03	2,63E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,16E-02	3,74E-04	3,23E-04	4,03E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,57E+01	3,62E-01	3,17E-01	1,77E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	2,30E-09	6,35E-12	5,55E-12	3,31E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,25E-03	-5,30E-04	-4,57E-04	6,84E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011
Φελλός	PE International	Γερμανία	2011

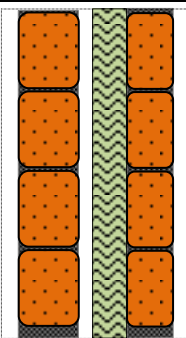
Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011

B2010.20 Δομή εξωτερικού τοίχου

B2010.20.2f	Υλικά	Πάχος/πυκνότητα	Σενάριο τέλους ζωής	RR (%)
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	
	Κοιλότητα αέρα(mm)	0		
	Γαλοβάμβακας (mm)	60	Υγειονομική ταφή	
	Πλινθοδομή (mm)	11	Υγειονομική ταφή	

B1010.20.2f

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	6,07E-04	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,13E+02	5,01E+00	4,38E+00	6,05E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	9,80E-02	1,62E-03	1,40E-03	2,67E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,33E-02	3,73E-04	3,22E-04	5,07E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,81E+01	3,61E-01	3,16E-01	1,83E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,81E-09	6,32E-12	5,53E-12	-3,92E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,60E-03	-5,28E-04	-4,56E-04	7,01E-03

Λειτουργικό ισοδύναμο:

1 m² δομικής πλάκας ενός κτιρίου, σχεδιασμένη με διάρκεια ζωής περί τα 50 έτη, με θερμική διαπερατότητα (U) 0.92 W/m².K και θερμική αδράνεια(κ_m) 61060 J/m².K.

Πρόσθετη πληροφορία:

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A1-A3

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Πλίνθοι	PE International	Γερμανία	2011

Υαλοβάμβακας	PE International	Ευρώπη	2011
--------------	------------------	--------	------

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις A4 και C2 (υποθέτοντας αποστάσεις 20 km)

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Μεταφορά με φορτηγό	PE International	Υφήλιος	2011

Λίστα των συνόλων δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στις Φάσεις C4-D

Διαδικασία	Πηγή δεδομένων	Γεωγραφική κάλυψη	Ημ/νία
Υγειονομική ταφή αδρανών υλικών	PE International	Γερμανία	2011
Υγειονομική ταφή υαλοβάμβακα	PE International	Γερμανία	2010