

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

*«Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα  
μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων»*

### **Βέλτιστες Πρακτικές Οικολογικού Σχεδιασμού στον Κατασκευαστικό Κλάδο**



## **Πίνακας Περιεχομένων**

<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>3</b>
1.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατασκευαστικού κλάδου.....	3
1.2. Γενικά για τον οικολογικό σχεδιασμό.....	4
<b>2. Μεθοδολογία οικολογικού σχεδιασμού .....</b>	<b>4</b>
2.1. Χωροθέτηση κατασκευής.....	4
2.2. Κατάλληλη επιλογή οικοδομικών υλικών και προτίμηση της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.....	5
2.3. Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων	7
2.4. Προστασία και διατήρηση των υδατικών πόρων.....	8
2.5. Προώθηση της περιβαλλοντικής ποιότητας .....	9
2.6. Βελτιστοποίηση των πρακτικών λειτουργίας και συντήρησης .....	10
<b>3. Εργαλεία για τον οικολογικό σχεδιασμό στον κατασκευαστικό κλάδο .....</b>	<b>11</b>
3.1. Πρώτη κατηγορία εργαλείων .....	11
<i>BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)</i> .....	11
<i>GBTool (Green Building Tool)</i> .....	13
<i>LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)</i> .....	18
<i>EcoProfile</i> .....	20
3.2. Δεύτερη κατηγορία εργαλείων.....	21
<i>BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability)</i> .....	21
<i>BEAT (Building Environmental Assessment Tool)</i> .....	24
<i>ATHENA TM Environmental Impact Estimator- ATHENA TM 2.0</i> .....	25
<i>TEAM</i> .....	27
<i>ENVEST</i> .....	29
<i>EQUER</i> .....	30
<i>KCL-Eco</i> .....	32
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>33</b>

## **1. Εισαγωγή**

### *1.1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατασκευαστικού κλάδου*

Το κατασκευαστικό προϊόν, τόσο κατά τη διάρκεια της οικοδομικής δραστηριότητας όσο και κατά τη φάση λειτουργίας του, προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι οποίες συνδέονται κυρίως με την κατανάλωση πρώτων υλών, ενέργειας, νερού, την παραγωγή αποβλήτων και την εκπομπή αέριων ρύπων. (Assefa *et al.*, in press)

Εκτιμάται ότι η οικοδομική δραστηριότητα καταναλώνει το 16% των παγκόσμιων υδάτινων αποθεμάτων, το 30 - 40% της παγκόσμιας ενέργειας, ενώ δεσμεύει περισσότερο από το 50% των πρώτων υλών που εξάγονται. Ως αποτέλεσμα της αυξημένης κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας, ο κατασκευαστικός κλάδος παράγει το 40 - 50% των απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές, ενώ είναι υπεύθυνος για το 20 - 30% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου). (Chrisna du Plessis, 2002)

Αξίζει να σημειωθεί ότι ειδικά κατά τη φάση λειτουργίας των κτηρίων στην Ευρώπη, η ενεργειακή κατανάλωση (για θέρμανση και ψύξη του χώρου, θέρμανση νερού και ηλεκτρισμό) αντιπροσωπεύει το 50% της συνολικής κατανάλωσης.

Πιο αναλυτικά, οι κατασκευές επηρεάζουν το περιβάλλον άμεσα ή έμμεσα κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής τους, καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των υλικών και των συστατικών που τις απαρτίζουν, μέσω μιας σειράς ανθρώπινων δραστηριοτήτων και φυσικών διαδικασιών. Οι περιβαλλοντικές αυτές επιπτώσεις μπορεί να είναι τοπικές, όπως η παραγωγή απορριμμάτων, ή παγκόσμιες, όπως η κλιματική αλλαγή, και προκύπτουν από όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των κατασκευών: από την εξόρυξη και τη μεταφορά των πρώτων υλών, τη φάση της κατασκευής, αυτή της λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και της κατεδάφισης.

Καθώς οι επιπτώσεις από τον κατασκευαστικό κλάδο εμφανίζονται όλο και πιο έντονα, λόγω της αυξημένης οικοδομικής δραστηριότητας, οι έννοιες της αειφορίας και του οικολογικού σχεδιασμού εισέβαλαν επιτακτικά για να δημιουργήσουν ένα πιο υγιές μοντέλο κατασκευών και να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (Office of the Federal Environmental Executive)

Η προσέγγιση που επιχειρείται πλέον στον κατασκευαστικό κλάδο στοχεύει στη συνεκτίμηση όλων των σταδίων του κύκλου ζωής και καταλήγει στη βέλτιστη

εξισορρόπηση του κόστους και της περιβαλλοντικής διάστασης, επιτυγχάνοντας πάντα το λειτουργικό σκοπό της κατασκευής. (Field Guide for Sustainable Construction, 2004)

### *1.2. Γενικά για τον οικολογικό σχεδιασμό*

Ο οικολογικός σχεδιασμός στοχεύει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με ταυτόχρονη βελτίωση της λειτουργικής επίδοσης της κατασκευής. Βασικές επιδιώξεις αποτελούν η μείωση της κατανάλωσης των μη-ανανεώσιμων φυσικών πόρων, η ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων και η δημιουργία υγιών και λειτουργικών κατασκευών.

Οι αρχές του οικολογικού σχεδιασμού περιλαμβάνουν συνοπτικά τα ακόλουθα (Whole Building Design Guide, National Institute of Building Sciences):

- βελτιστοποίηση της χωροθέτησης
- κατάλληλη επιλογή οικοδομικών υλικών και προτίμηση της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων
- ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων
- προστασία και διατήρηση των υδατικών πόρων
- προώθηση της περιβαλλοντικής ποιότητας
- βελτιστοποίηση των πρακτικών λειτουργίας και συντήρησης

## **2. Μεθοδολογία οικολογικού σχεδιασμού**

Αναλυτικότερα οι διαστάσεις που μπορούν να ληφθούν υπόψη στον οικολογικό σχεδιασμό της οικοδομικής δραστηριότητας παρουσιάζονται παρακάτω:

### *2.1. Χωροθέτηση κατασκευής*

Η προώθηση των αειφόρων κατασκευών συνδέεται άμεσα με την κατάλληλη επιλογή του χώρου. Η χωροθέτηση της κατασκευής επηρεάζει μία σειρά περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως είναι η κατανάλωση ενέργειας, η διατάραξη των τοπικών οικοσυστημάτων και ο βαθμός, στον οποίο οι υφιστάμενες υποδομές μπορούν να φανούν χρήσιμες.

Η βιώσιμη χωροθέτηση θα πρέπει να περιλαμβάνει μία ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση με στόχους:

- Αποφυγή της εκμετάλλευσης χώρων πρασίνου και ανοιχτών πάρκων, μέσω της επιλογής ήδη διαταραγμένων οικοδομικά περιοχών.
- Έλεγχος της διάβρωσης μέσα από τη βελτίωση των πρακτικών διαμόρφωσης του εδάφους.
- Μείωση του φαινομένου θερμικής νησίδας μέσα από τη βελτίωση των μεθόδων σχεδιασμού και διαμόρφωσης του εδάφους.
- Ελαχιστοποίηση της διατάραξης των τοπικών ενδιαιτημάτων.
- Αποκατάσταση της ισορροπίας των υποβαθμισμένων περιοχών μέσα από την επαναφορά των γηγενών ειδών.
- Ενσωμάτωση εναλλακτικών λύσεων μεταφοράς, οι οποίες να λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες για χώρους στάθμευσης ποδηλάτων, αυτοκινήτων και εύκολη πρόσβαση στα μέσα μεταφοράς.
- Ενσωμάτωση μέτρων προστασίας της κατασκευής, παράλληλα με τα θέματα αειφόρου χωροθέτησης. Μέτρα που πρέπει να ληφθούν υπόψη μεταξύ άλλων είναι η τοποθέτηση οδών πρόσβασης, χώρων στάθμευσης και περιμετρικού φωτισμού.

## 2.2. *Κατάλληλη επιλογή οικοδομικών υλικών και προτίμηση της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων*

Μέχρι πρόσφατα, η επιλογή των οικοδομικών υλικών επηρεαζόταν από παράγοντες, όπως το κόστος, η διαθεσιμότητα και ο λειτουργικός σκοπός της κατασκευής. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η περιβαλλοντική καταλληλότητα των υλικών άρχισε να παίζει σημαντικό ρόλο.

Η κατανάλωση οικοδομικών υλικών συνδέεται άμεσα με την κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή τους και την αντίστοιχη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, που αποτελεί ένα από τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου (Thorlak, in press). Οι πρώτες ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή των οικοδομικών υλικών βρίσκονται στη φύση, αλλά σε ακατέργαστη μορφή. Τόσο η εξαγωγή όσο και ο καθαρισμός τους αποτελούν μία πολύπλοκη διαδικασία που καταναλώνει ενέργεια και παράγει απόβλητα.

Ενδεικτικά, αναφέρονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή των κυριότερων οικοδομικών υλικών (Asif *et al*, in press):

- Τσιμέντο: Η παραγωγή του αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς απελευθερώνει ρύπους, όπως διοξείδιο του άνθρακα, βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου κλπ.
- Ξυλεία: Το ξύλο θεωρείται ανακυκλώσιμο υλικό, καθώς μπορεί να χρησιμεύσει για διάφορους σκοπούς μετά το τέλος του κύκλου ζωής της κατασκευής.
- Γυαλί, Αλουμίνιο: Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η κατανάλωση ενέργειας που συνδέεται με την παραγωγή τους.
- Κεραμίδια: Έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή τους, όπως εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου, φθορίου και χρωμίου.

Στον **Πίνακα 1** παρουσιάζεται η ενέργεια που καταναλώνεται, καθώς και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή των βασικότερων οικοδομικών υλικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας συνδέεται με την παραγωγή του αλουμινίου, ενώ οι σημαντικότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> με την παραγωγή τσιμέντου (Asif *et al*, in press).

Τα στοιχεία αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη φάση σχεδιασμού μίας κατασκευής, προκειμένου το σύνολο των οικοδομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν να έχουν την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και εκπομπή CO<sub>2</sub>, εξυπηρετώντας πάντοτε το λειτουργικό σκοπό της κατασκευής.

**Πίνακας 1:** Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή οικοδομικών υλικών

<b>Οικοδομικό υλικό</b>	<b>Κατανάλωση ενέργειας (MJ/kg)</b>	<b>Εκπομπές CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/kg)</b>
Ξυλεία	5,24	0,12
Τσιμέντο	1,00	4,63
Γυαλί	13,00	0,57
Αλουμίνιο	232,02	1,90
Σχιστόλιθος	0,10	0,01
Κεραμίδια	8,00	0,57
Κονίαμα	5,00	0,27
Γυψοσανίδες	1,00	4,00

Γενικά, κατά τη φάση σχεδιασμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- Επιλογή των υλικών με βάση την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανάλυση του κύκλου ζωής τους
- Μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης των υλικών
- Προτίμηση των υλικών που προέρχονται από αειφόρο διαχείριση (όπως ξυλεία από δάση που υπόκεινται σε αειφόρο διαχείριση)
- Προώθηση της χρήσης ανακυκλώσιμων υλικών και εξαρτημάτων με δυνατότητα διαχωρισμού μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους
- Περιορισμός των αποβλήτων εκσκαφής και προώθηση του διαχωρισμού των διαφόρων ρευμάτων αποβλήτων
- Ελαχιστοποίηση της χρήσης υλικών που είναι τοξικά κατά τη φάση κατασκευής, χρήσης ή επαναχρησιμοποίησης

### *2.3. Ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων*

Η κατανάλωση ενέργειας κυρίως συνδέεται με την παραγωγή των οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται και με τη φάση λειτουργίας της κατασκευής (ιδιαίτερα αφορά στη λειτουργία των κτηρίων).

Εκτός επομένως από την κατάλληλη επιλογή των υλικών, προκειμένου η παραγωγή τους να συνδέεται με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, κατά τη φάση σχεδιασμού μίας κατασκευής, και ιδιαίτερα ενός κτηρίου, πρέπει να συυπολογίζεται η ενεργειακή κατανάλωση στη φάση λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα:

- Μείωση της ανάγκης θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού μέσα από την υιοθέτηση βελτιωμένων πρακτικών σχεδιασμού και συντήρησης. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στην επιλογή των υλικών με ιδιαίτερα μονωτικά και ανθεκτικά χαρακτηριστικά. Σημαντικό ρόλο παίζει και η κατάλληλη χωροθέτηση του κτηρίου, προκειμένου να καθίσταται δυνατή η παθητική ηλιακή θέρμανση.
- Υιοθέτηση των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτηρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών - υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά

φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα - άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανός) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτηρίων.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η παθητική ηλιακή θέρμανση, η οποία αποτελεί μία στρατηγική, μέσα από την οποία γίνεται χρήση των οικοδομικών υλικών για τη συλλογή, αποθήκευση και απελευθέρωση της ηλιακής θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι ανάγκες θέρμανσης κατά τη λειτουργία της κατασκευής. Δεν απαιτείται η χρήση μηχανικού εξοπλισμού, καθώς η ροή θερμότητας πραγματοποιείται με φυσικά μέσα, ενώ η αποθήκευση γίνεται μέσα στην ίδια την κατασκευή.

Κρίνεται σκόπιμο η παθητική ηλιακή θέρμανση να ενσωματώνεται στα πλαίσια του αρχικού σχεδιασμού, καθώς δε χαρακτηρίζεται και από ιδιαίτερα υψηλό αρχικό κόστος, και να συνδυάζεται με:

- Επιλογή αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού, κλιματισμού και φωτισμού και υιοθέτηση κατάλληλων ελεγκτικών μέτρων για τη διασφάλιση των απαιτήσεων του εξοπλισμού με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- Υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εκτός από την παθητική ηλιακή θέρμανση, όπως η εκμετάλλευση του φωτός της ημέρας, η χρήση φωτοβολταϊκών κλπ.
- Βελτιστοποίηση της κτηριακής επίδοσης με την υιοθέτηση προγραμμάτων ενεργειακής μοντελοποίησης και των συστημάτων ελέγχου με τη χρήση αισθητήρων και συναγερμών ποιότητας αέρα.
- Παρακολούθηση της κτηριακής επίδοσης μέσα από μία πολιτική συστηματικής μέτρησης και ετήσιας αναφοράς.

#### *2.4. Προστασία και διατήρηση των υδατικών πόρων*

Τόσο η μείωση της κατανάλωσης νερού όσο και η προστασία των υδατικών πόρων αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικούς στόχους του οικολογικού σχεδιασμού στον κατασκευαστικό κλάδο. Ο λόγος είναι ότι η κατανάλωση νερού σε πολλές περιοχές υπερβαίνει την ικανότητα ανανέωσης του υδροφόρου ορίζοντα. Η προστασία και διατήρηση των υδατικών πόρων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής μιας κατασκευής, μέσα από τους ακόλουθους στόχους:



- Μείωση, έλεγχος και επεξεργασία της επιφανειακής απορροής, μέσω της εφαρμογής πρακτικών, όπως οι πράσινες στέγες, τα διαπερατά οδοστρώματα κλπ.
- Μείωση της κατανάλωσης νερού μέσα από τη χρήση εξοπλισμού χαμηλής ροής, την ελαχιστοποίηση των διαρροών κλπ.
- Βελτίωση της ποιότητας του νερού
- Ανάκτηση του νερού, στην περίπτωση που δεν πρόκειται για απόνερα ή απόβλητα αποχέτευσης, για επιτόπου χρήση
- Σχεδιασμός συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων και ανακύκλωσης

### *2.5. Προώθηση της περιβαλλοντικής ποιότητας*

Κατά τη φάση σχεδιασμού της εγκατάστασης (και συγκεκριμένα κτηρίου), πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η περιβαλλοντική ποιότητα κατά τη φάση λειτουργίας και να επιδιώκονται τα παρακάτω:

- Να προωθείται η περιβαλλοντική ποιότητα του εσωτερικού χώρου μέσω του ορθού σχεδιασμού και των πρακτικών κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης
- Να παρέχεται η δυνατότητα για όσο το δυνατό μεγαλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας και της ροής αέρα από το χρήστη
- Να παρέχονται τα επαρκή επίπεδα εξαερισμού προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ποιότητα εσωτερικού αέρα
- Να αποφευχθεί η ανάπτυξη βακτηριδίων και μυκήτων μέσω του σχεδιασμού κατάλληλων συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, ώστε να ελέγχεται η εσωτερική υγρασία
- Να αποφευχθεί η χρήση υλικών με υψηλή περιεκτικότητα σε ρύπους, όπως πτητικές οργανικές ενώσεις και τοξίνες
- Να εξασφαλιστεί η ακουστική μόνωση, μέσω της χρήσης υλικών που απορροφούν τον ήχο και μονωτικού εξοπλισμού
- Να ελέγχονται οι ενοχλητικές οσμές μέσα από την απομόνωση τυχόν μολυσματικών παραγόντων και την προσεκτική επιλογή των προϊόντων καθαρισμού
- Να δημιουργηθεί ένα εσωτερικό περιβάλλον υψηλής φωτεινότητας μέσα από τον κατάλληλο συνδυασμό των φυσικών και τεχνητών πηγών φωτός

- Να παρέχεται υψηλής ποιότητας νερό

#### *2.6. Βελτιστοποίηση των πρακτικών λειτουργίας και συντήρησης*

Ανεξάρτητα από το πόσο αειφόρος είναι μία κατασκευή στη φάση σχεδιασμού και οικοδόμησης, μπορεί να παραμείνει μόνο αν εφαρμόζονται οι κατάλληλες πρακτικές λειτουργίας και συντήρησης. Σε όλη τη διάρκεια ζωής μίας κατασκευής, τόσο η λειτουργία όσο και η συντήρηση πρέπει να στοχεύουν στα ακόλουθα:

- Εκπαίδευση των υπευθύνων για τη λειτουργία της εγκατάστασης και του προσωπικού συντήρησης στις αρχές και μεθόδους βιώσιμου σχεδιασμού
- Αγορά προϊόντων καθαρισμού και προμηθειών φιλικών προς το περιβάλλον
- Χρήση αυτοματοποιημένων οργάνων ελέγχου για την κατανάλωση ενέργειας και νερού, την παραγωγή απορριμμάτων, τη θερμοκρασία, την υγρασία και τον εξαερισμό
- Μείωση της παραγωγής απορριμμάτων και προώθηση της ανακύκλωσης

### **3. Εργαλεία για τον οικολογικό σχεδιασμό στον κατασκευαστικό κλάδο**

Η σημαντικότερη πτυχή του οικολογικού σχεδιασμού στην οικοδομική δραστηριότητα είναι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη διάρκεια του κύκλου ζωής κάθε κατασκευής. Τα τελευταία χρόνια στον κατασκευαστικό κλάδο έχουν αναπτυχθεί δύο κατηγορίες εργαλείων για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

#### *3.1. Πρώτη κατηγορία εργαλείων*

Η πρώτη κατηγορία βασίζεται στην εφαρμογή κριτηρίων, βάσει των οποίων ορίζονται τιμές σε επιλεγμένες παραμέτρους για να εκτιμηθούν οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις (από μικρής έως μεγάλης κλίμακας) (Assefa *et al*, in press). Τα βασικότερα εργαλεία της πρώτης κατηγορίας παρουσιάζονται παρακάτω:

#### BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

Το εργαλείο **BREEAM** (Μεγάλη Βρετανία): Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται πάνω από μία δεκαετία για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης τόσο των καινούριων όσο και των υφιστάμενων κτηρίων και εξετάζει τα σχεδιαστικά ζητήματα τα οποία έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον, την υγεία και την καθημερινότητα των ενοίκων.

Θεωρείται από τον κατασκευαστικό κλάδο της Μεγάλης Βρετανίας ως το μέτρο της βέλτιστης πρακτικής στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό και τη διαχείριση. Η επιτυχία που έχει σημειώσει το συγκεκριμένο εργαλείο έγκειται στη δυνατότητα που έχει να καλύπτει ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών θεμάτων μέσα από μία και μόνο εκτίμηση και να παρουσιάζει τα αποτελέσματα με τρόπο κατανοητό από όλους τους ενδιαφερόμενους. (Building Research Establishment Limited, BREEAM)



Το σύστημα BREEAM αναπτύχθηκε από το ECD (τώρα μέρος της ομάδας βιώσιμης ανάπτυξης Faber Maunsell) και το ίδρυμα κτιριακών ερευνών (BRE), με την πρώτη έκδοση που αφορούσε γραφεία να εκδίδεται το 1990. Από τότε, πάνω από 500 κτίρια έχουν αξιολογηθεί και οι εκδόσεις BREEAM που έχουν ακολουθήσει αφορούν:

- Νέα γραφεία (που ενημερώνονται σε ετήσια βάση)

- Νέα πολυκαταστήματα
- Νέα σπίτια
- Νέες βιομηχανικές μονάδες
- Υπάρχοντα γραφεία

Στόχοι του BREEAM είναι :

- Ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κατασκευών.
- Αναγνώριση της βέλτιστης πρακτικής.
- Έμφαση στα οικονομικά οφέλη που προκύπτουν για τους κατασκευαστές και τους πελάτες.
- Έλεγχος όλων των εξωγενών παραγόντων (οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών).

Παράγοντες που κάνουν επιτακτική την χρήση της BREEAM, σύμφωνα με τους δημιουργούς του, είναι:

- Παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Μείωση ορυκτών καυσίμων
- Μείωση στοιβάδας όζοντος
- Συμφόρηση μεταφορών
- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Παραγωγή αποβλήτων
- Μείωση πόσιμου ύδατος
- Όξινη βροχή
- Ρύπανση των υδάτων

Στον υπεύθυνο για την κατασκευή του κτιρίου απονέμεται ένα επίσημο πιστοποιητικό, η ύπαρξη του οποίου προσφέρει σημαντικά οφέλη, δεδομένου ότι τα κτίρια τους ασκούν ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον, που μεγιστοποιεί τη θετική δημοσιότητα και που αυξάνει την απόδοση της επένδυσης.

Το πρόγραμμα BREEAM απευθύνεται κυρίως σε αρχιτέκτονες – μηχανικούς, σε ερευνητικά ιδρύματα, σε εκτιμητές ακινήτων και σε κατασκευαστές.

Το εργαλείο BREEAM λειτουργεί αξιολογώντας την επίδοση των κτηρίων στις ακόλουθες περιοχές:

- Διαχείριση: Γενική πολιτική διαχείρισης που περιλαμβάνει τη χωροθέτηση και άλλα διαδικαστικά ζητήματα
- Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- Ζητήματα εσωτερικά και εξωτερικά του κτηρίου που αφορούν την υγιεινή και ασφάλεια
- Ρύπανση αέρα και υδάτων
- Μεταφορές: το παραγόμενο CO<sub>2</sub> που σχετίζεται με τις μετακινήσεις – μεταφορές από και προς το κτήριο
- Χρήση εδάφους: κατανομή – αξιοποίηση χώρων, πρασίνου και μη
- Διατήρηση της οικολογικής ταυτότητας της περιοχής
- Υλικά: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των χρησιμοποιούμενων οικοδομικών υλικών, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους
- Κατανάλωση νερού

Αφού βαθμολογηθεί η επίδοση της κατασκευής σε κάθε μία από τις παραμέτρους που ορίζονται, ακολουθεί άθροιση των επιμέρους βαθμών, βάσει συγκεκριμένων συντελεστών βαρύτητας, προκειμένου να προκύψει μία συνολική βαθμολογία που καθορίζει τελικά την περιβαλλοντική επίδοση της κατασκευής. Το κτήριο αξιολογείται τελικά σε μια κλίμακα με 4 διαβαθμίσεις (αποδεκτό, καλό, πολύ καλό & άριστο).

Το BREEAM προσφέρει μια σειρά οφελών (περιβαλλοντικών & οικονομικών). Με τη χρήση λογισμικών, όπως το BREEAM, δημιουργούνται κτήρια που παρέχουν καλύτερες συνθήκες διαβίωσης και εργασίας σε όσους τα χρησιμοποιούν. Επιπλέον το πιστοποιητικό που παρέχει είναι δυνατό να λειτουργήσει ως συγκριτικό πλεονέκτημα για τη μεταπώληση – ενοικίαση, εξασφαλίζοντας συγχρόνως υψηλότερο αντίτιμο.

#### GBTool (Green Building Tool)

Το εργαλείο **GBTool** (Καναδάς) εφαρμόζεται για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης και της περιβαλλοντικής επίδοσης κτηρίων (CETC Buildings Group, CANMET, Natural Resources Canada, GBTool 1.3). Ένα χαρακτηριστικό του GBTool, που το ξεχωρίζει από όλα τα υπάρχοντα συστήματα αξιολόγησης, είναι η δυνατότητά του να προσαρμόζεται στις διαφορετικές προτεραιότητες, τεχνολογίες, ακόμη και πολιτιστικές αξίες που υπάρχουν σε διάφορες περιοχές και χώρες. Το GBTool λειτουργεί σε περιβάλλον Excel2000.

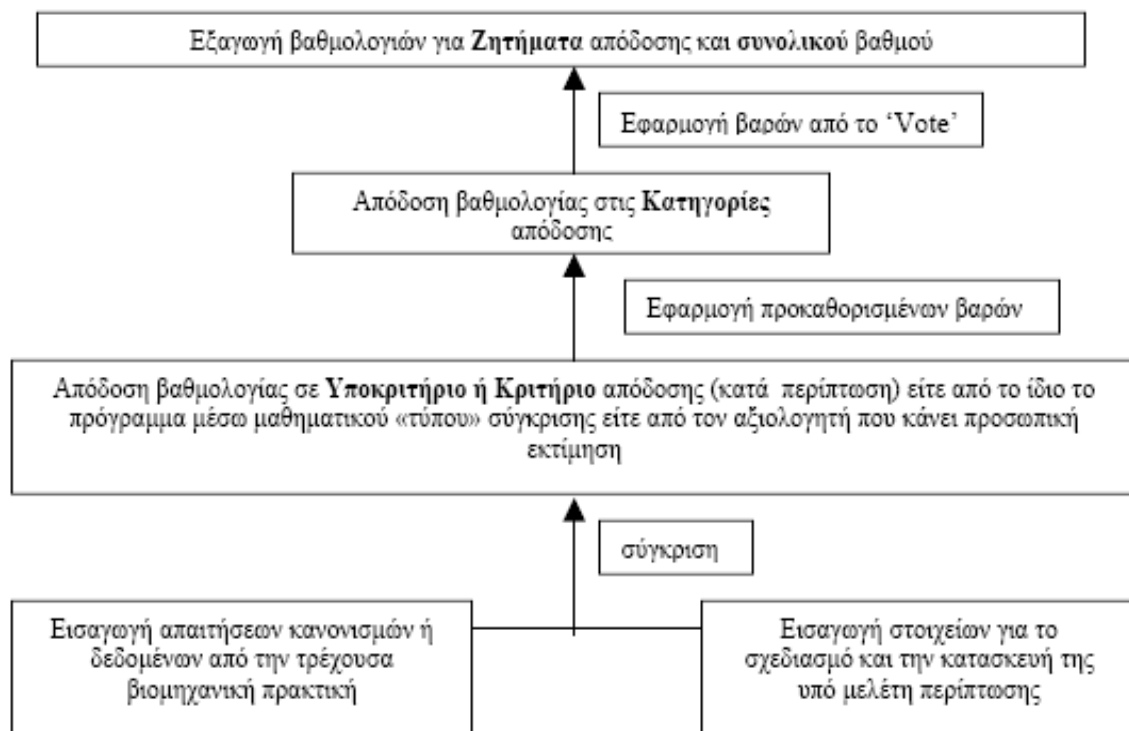
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για νέα έργα όσο και για ανακαινίσεις στις ακόλουθες κατηγορίες κτηρίων:

- πολυκατοικίες
- γραφεία
- σχολεία

Το εργαλείο αυτό παρέχει εκτιμήσεις για μία ευρεία σειρά πιθανών παραμέτρων περιβαλλοντικής επίδοσης, οι οποίες σχετίζονται με την περιοχή και το λειτουργικό σκοπό του κτηρίου (Cole and Larsson, 2002). Το πλαίσιο εκτίμησης της περιβαλλοντικής επίδοσης του GBTool δομείται ιεραρχικά σε τέσσερα επίπεδα, με τα υψηλότερα επίπεδα να προκύπτουν από τη σταθμισμένη συνάθροιση των χαμηλότερων:

- *Ζητήματα απόδοσης* (κατανάλωση φυσικών πόρων, φορτία, περιβαλλοντική ποιότητα, ποιότητα υπηρεσιών, οικονομικά κλπ.)
- *Κατηγορίες απόδοσης*: Κάθε ένα από τα ζητήματα απόδοσης αποτελείται από επιμέρους κατηγορίες, οι οποίες ουσιαστικά αντικατοπτρίζουν τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του εξεταζόμενου κτηρίου.
- *Κριτήρια και υπο-κριτήρια απόδοσης* που καθορίζονται από το λειτουργικό σκοπό και την περιοχή κατασκευής του κτηρίου. Διαφέρουν από τις κατηγορίες στο ότι είναι πολύ πιο συγκεκριμένα και σαφή για κάθε κατασκευή. Η βαθμολόγηση γίνεται σε αυτό το επίπεδο και κυμαίνεται από -2 έως +5.

Ο σκελετός και η φιλοσοφία αξιολόγησης κτιρίου με το GBtool παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Τα Ζητήματα Απόδοσης που αξιολογούνται από το GBTool είναι τα εξής:

- Κατανάλωση πόρων (Resource Consumption)
- Περιβαλλοντικά Φορτία (Environmental Loadings)
- Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος (Indoor Environmental Quality)
- Ποιότητα υπηρεσιών (Service Quality)
- Οικονομικά (Economics)
- Διαχείριση πριν τη λειτουργία (Pre-Operation Management)

Κάθε Ζήτημα Απόδοσης αποτελείται από διάφορες Κατηγορίες Απόδοσης. Οι Κατηγορίες Απόδοσης είναι τα βασικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που συνολικά ορίζουν την ολική απόδοση του υπό μελέτη κτηρίου. Το πρώτο επίπεδο παραμέτρων αξιολόγησης, στο οποίο γίνεται και η απόδοση βαθμολογίας, είναι τα Κριτήρια Απόδοσης. Ορισμένα Κριτήρια Απόδοσης αποτελούνται από επιμέρους Υποκριτήρια Απόδοσης. Στο επίπεδο των κριτηρίων και υποκριτηρίων απόδοσης γίνεται η βαθμολόγηση. Οι βαθμοί κυμαίνονται από -2 έως +5 και προκύπτουν σε σχέση με ένα σαφώς καθορισμένο όριο (benchmark), στο οποίο αντιστοιχεί ο βαθμός 0.

Οι βαθμοί αντιστοιχούν σε διάφορα επίπεδα απόδοσης ως εξής:

- **0:** Ελάχιστη αποδεκτή απόδοση για κτήρια ίδιας χρήσης στην περιοχή, όπως αυτή προσδιορίζεται από κανονισμούς ή, όπου σχετικοί κανονισμοί δεν υπάρχουν, από τη βιομηχανική πρακτική.
- **5:** Ζητούμενη απόδοση. Αντιπροσωπεύει μια απόδοση-στόχο που προηγείται σαφώς της τρέχουσας πρακτικής. Η απόδοση αυτή θα πρέπει να είναι επιτεύξιμη με τις σύγχρονες τεχνολογίες, βασισμένη σε σύγχρονες τεχνικές χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας του κόστους.
- **-2:** Μη ικανοποιητική απόδοση. Απόδοση καθαρά κατώτερη από τη βιομηχανική πρακτική. Αυτό είναι απίθανο να συμβεί σε περιπτώσεις που το όριο αντιπροσωπεύει απαίτηση κανονισμού αλλά θα μπορούσε να συμβεί σε πεδία απόδοσης που δεν καλύπτονται από κανονισμό και ειδικά σε περιπτώσεις ανακαίνισης, όπου είναι αδύνατο να επιτευχθούν τα σύγχρονα επίπεδα απόδοσης που ορίστηκαν για τα νέα κτίρια.
- **1-4:** Ενδιάμεσα επίπεδα απόδοσης. Αντιπροσωπεύουν ποικίλους βαθμούς απόδοσης ανάμεσα στα βασικά όρια.

Το GBTool προορίζεται για εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα τύπων κτηρίων, με πολλές χρήσεις, σχεδιασμένων με βάση διαφορετικούς κανονισμούς και κατασκευασμένων με διαφορετικές τεχνολογίες. Επίσης απευθύνεται σε πολλές περιοχές και χώρες παγκοσμίως, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διάφορα κλιματικά και τοπογραφικά δεδομένα και διαφορετικές προτεραιότητες. Γίνεται λοιπόν σαφές, ότι η δυνατότητα του προγράμματος να προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες κάθε περίπτωσης αποκτά μεγάλη σημασία. Η προσαρμογή αυτή μπορεί να γίνει βάσει ορισμένων δυνατοτήτων, οι οποίες περιγράφονται στο εγχειρίδιο του προγράμματος.

Έχει ήδη αναφερθεί ότι το GBTool λειτουργεί σε περιβάλλον Excel. Τα φύλλα εργασίας του GBTool έχουν κωδικοποιηθεί χρωματικά ώστε να προσδιορίζεται αν και τι πρέπει να συμπληρωθεί από τον χρήστη σε κάθε κελί. Τα 16 φύλλα εργασίας του GBTool χωρίζονται σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με το είδος των δεδομένων που εισάγονται σε αυτά ή των αποτελεσμάτων που εξάγονται από αυτά. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα φύλλα εργασίας του εργαλείου, με κάποιες πληροφορίες για το περιεχόμενό τους.



	Φύλλα εργασίας GBTool	Αντικείμενο
Εισαγωγή	Introduction (Intro)	Σύντομη ανασκόπηση των φύλλων εργασίας του προγράμματος
	Project Identification (ID)	Βασικές πληροφορίες σχετικά με το όνομα του κτιρίου και την τοποθεσία του
Τμήμα 1 (στοιχεία για την περιοχή του κτιρίου)	Context (CNTXT)	Πληροφορίες για τη γειτονιά του κτιρίου (π.χ τις κλιματικές συνθήκες, την ποιότητα αέρα, την υποδομή της συγκοινωνίας)
	Vote (Vote)	Απόδοση βαρών σε Ζητήματα και Κατηγορίες απόδοσης
	Energy Generation (EnGen)	Τιμές εκπομπών για καύσιμα και παραγωγή ηλεκτρισμού
	Benchmark (Bmark)	Εισαγωγή των επιπέδων απόδοσης που αντιστοιχούν στο 0
Τμήμα 2 (δεδομένα σχεδιασμού)	Floor, Wall and Fenestration Area (Area)	Στοιχεία για τα εμβαδά των στοιχείων του κτιριακού κελύφους (οροφή, εμβαδό τυπικού ορόφου κ.α.)
	Architectural Systems (Arch)	Στοιχεία για αρχιτεκτονικά στοιχεία και συστήματα του κτιρίου
	Technical Systems and Energy Consumption (Tech)	Χαρακτηρισμός των τεχνικών συστημάτων του κτιρίου (π.χ. συστήματα κλιματισμού και φωτισμού). Δίνει δυνατότητα καταχώρησης τιμών ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου
	Materials (Matr)	Δεδομένα για τα υλικά του κτιρίου (όγκοι, εμβαδά, εμπεριεχόμενη ενέργεια κ.α.)
	Building Operations and Management (Ops)	Χαρακτηριστικά σχετιζόμενα με την μελλοντική λειτουργία και διαχείριση του κτιρίου (αριθμός χρηστών, ώρες χρήσης κ.α.)
	Economics and Life- Cycle Costing (LCC)	Εκτίμηση του κόστους του κύκλου ζωής
	Performance Assessment (Assess)	Αποδίδονται οι βαθμολογίες στα Υποκριτήρια και Κριτήρια απόδοσης
Τμήμα 4 (αποτελέσματα)	Summary Report (Report)	Περίληψη των χαρακτηριστικών «κλειδιών» του κτιρίου και δεδομένα απόδοσης
	Weights (Weight)	Ανασκόπηση όλων των βαρών που χρησιμοποιήθηκαν στην εξαγωγή των βαθμολογικών απόδοσης
	Assessment Results (Result)	Αποτελέσματα της αξιολόγησης (δείκτες και διαγράμματα)

Για την σωστή αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης ενός κτιρίου με τη βοήθεια του GBtool είναι απαραίτητη συνεργασία αρκετών επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων. Το προτεινόμενο σχήμα περιλαμβάνει:

- Τον **υπεύθυνο αξιολόγησης** που είναι αρμόδιος για το σωστό συντονισμό των ομάδων
- Τις **ομάδες σχεδιασμού** που παρέχουν όλες τις πληροφορίες για το σχεδιασμό του κτιρίου
- Τις **ομάδες αξιολόγησης**, οι οποίες αφενός εισάγουν στο πρόγραμμα τα δεδομένα που σχετίζονται με τα γενικά χαρακτηριστικά της περιοχής του κτιρίου (φύλλο εργασίας Context), αφετέρου, και με βάση τα δεδομένα σχεδιασμού, εκτελούν την τελική αξιολόγηση.
- Την ομάδα που προσδιορίζει τα βάρη των **Κατηγοριών και των Ζητημάτων απόδοσης**, η οποία πρέπει να απαρτίζεται από ειδικούς επί των θεμάτων αυτών.

Βάσει εφαρμογής του GBtool σε κτήριο γραφείων, που εκπονήθηκε στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας στο εργαστήριο Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., έγινε σαφές ότι στόχος του GBTool είναι να προσφέρει ένα γενικό μεθοδολογικό και υπολογιστικό πλαίσιο, που να μπορεί να τροποποιείται ή να συμπληρώνεται από τις συμμετέχουσες εθνικές ομάδες, ώστε να προσαρμόζεται στις ειδικές συνθήκες και ανάγκες κάθε χώρας.

Ένα από τα βασικά προβλήματα είναι ο καθορισμός των benchmarks, δεδομένου ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν κανονισμοί που αφορούν σε περιβαλλοντικά

θέματα σχετικά με τα κτήρια αλλά και με το σύνολο της κατασκευαστικής διαδικασίας. Αυτό δημιουργεί προϋποθέσεις εισαγωγής υποκειμενικών παραγόντων στην αξιολόγηση. Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε ήταν η έλλειψη εκτενών βάσεων δεδομένων για τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των δομικών υλικών που παράγονται και χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.

Βάσει της προαναφερθείσας εργασίας γίνεται σαφές ότι οι προτάσεις που μπορούν να διατυπωθούν για τη δημιουργία των προϋποθέσεων προσαρμογής και εφαρμογής του εργαλείου στον ελληνικό χώρο επικεντρώνονται στα ακόλουθα σημεία:

- Την ανάπτυξη βάσης δεδομένων για τα σημαντικότερα οικοδομικά υλικά και προϊόντα που χρησιμοποιούνται στις κτηριακές κατασκευές.
- Τη σύνθεση εκτεταμένης τυπολογίας κατασκευαστικών λύσεων, για όλα τα στοιχεία του κτηριακού κελύφους, εξωτερικά και εσωτερικά.
- Τη δημιουργία υποδειγμάτων αναφοράς (benchmarks) για διάφορες γεωγραφικές περιοχές, για κτήρια διαφόρων λειτουργιών, μεγέθους, ποιότητας και κόστους.
- Τη συνεργασία φορέων από το ευρύτερο πεδίο του τεχνικού χώρου (ΤΕΕ, επιστημονικοί/ επαγγελματικοί σύλλογοι, ΥΠΕΧΩΔΕ κτλ) με στόχο τη συστηματική οργάνωση και επικαιροποίηση των στοιχείων των προηγούμενων σημείων καθώς και τη δημιουργία των ομάδων εργασίας.

#### LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Το εργαλείο **LEED** δημιουργήθηκε από το Συμβούλιο Πράσινων Κατασκευών των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Green Building Council) για να προωθήσει τις πρακτικές ολοκληρωμένου και αειφόρου σχεδιασμού στον κατασκευαστικό κλάδο. (US Green Building Council – LEED).



Το Leed αποτελεί ένα αξιολογικό περιβαλλοντικό λογισμικό που αποσκοπεί στην περιβαλλοντική αξιολόγηση ενός κτηρίου και στην ανάλυση του κύκλου ζωής ενός

οικοδομήματος. Οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου εργαλείου καλύπτουν τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Κατασκευή νέων εμπορικών καταστημάτων και έργα ανακαίνισης
- Λειτουργία υφιστάμενων κτηρίων
- Κατοικίες
- Ανάπτυξη συνοικιών

Το πρόγραμμα αυτό είναι εύκολο στην εφαρμογή και δε χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού.

Παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την εκτίμηση της επίδοσης των κτηρίων και την επίτευξη των στόχων της αειφορίας. Βασισμένο σε καλά εδραιωμένες επιστημονικές προδιαγραφές, το LEED επικεντρώνεται σε καινοτόμες στρατηγικές σχετικά με τη αειφόρο χωροθέτηση, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας, την επιλογή των υλικών και την περιβαλλοντική ποιότητα. Οι ειδικότητες που θα βρουν τις εφαρμογές του λογισμικού ενδιαφέρουσες είναι οι αρχιτέκτονες, επαγγελματίες που ασχολούνται με τα ακίνητα, εκτιμητές ακινήτων, μηχανικοί, διακοσμητές εσωτερικών χώρων, αρχιτέκτονες τοπίων, κατασκευαστές - εργολάβοι, κρατικοί λειτουργοί.

Το λογισμικό το τελευταίο χρονικό διάστημα προσφέρει ειδικά προγράμματα - εκδόσεις που απευθύνονται στην κατασκευή σχολείων, στη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων και στην κατασκευή νοσοκομείων κατά το δυνατό φιλικότερα προς το περιβάλλον.

Στόχο του Leed αποτελεί η άμεση και αισθητή αναβάθμιση και των υφιστάμενων κτηρίων από περιβαλλοντικής και όχι μόνο άποψης.

Το LEED είναι κατασκευασμένο με γνώμονα την ικανοποίηση 5 συνθηκών:

- βιώσιμη ανάπτυξη των περιοχών συνολικά,
- εξοικονόμηση των άσκοπα χρησιμοποιούμενων ποσοτήτων ύδατος
- σωστή & αποδοτική διαχείριση της καταναλισκόμενης ενέργειας,
- ορθή επιλογή υλικών για την κατασκευή, και
- περιβαλλοντική ποιότητα των εσωτερικών χώρων των κτηρίων.

Επιπλέον, μια έκτη κατηγορία, που έχει ιδιαίτερη σημασία στο πρόγραμμα είναι η χρησιμοποιούμενη καινοτομία & το σχέδιο. Με τον τρόπο αυτό μελετώνται κάποιες ακόμα παράμετροι που δεν περιλαμβάνονται στις περιβαλλοντικές κατηγορίες,

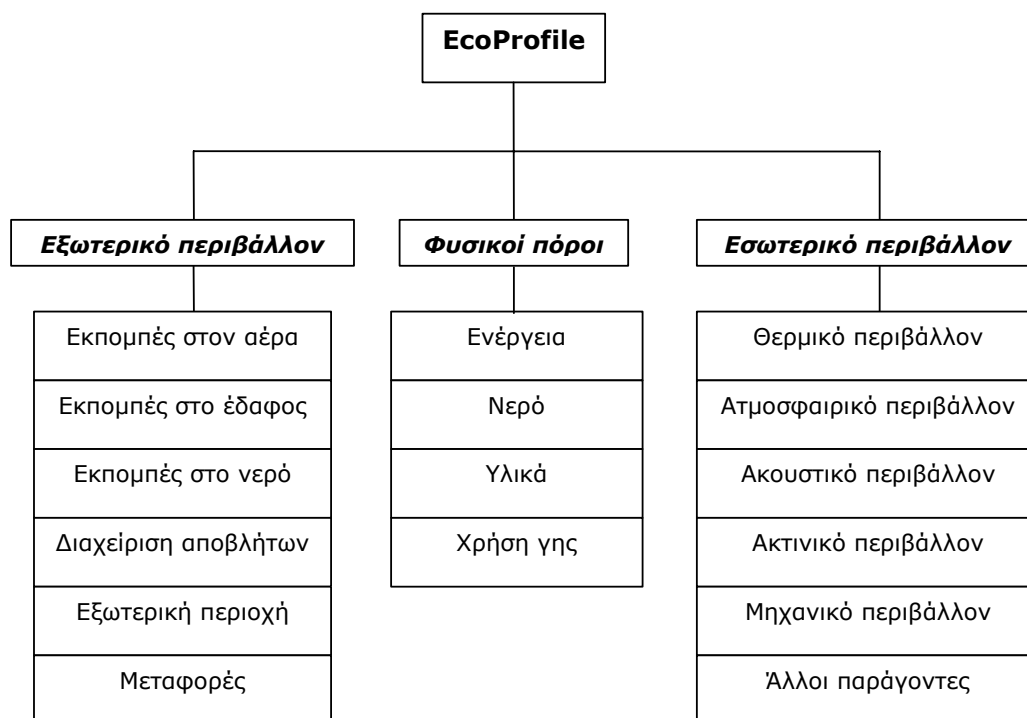
αλλά αποτελούν μείζονα περιβαλλοντικά θέματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας παραμέτρου είναι η ακουστική ενός κτηρίου.

### EcoProfile

Το εργαλείο **EcoProfile** (Νορβηγία) αποτελεί μέθοδο για την απλουστευμένη εκτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης κτηρίων και χωρίζεται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες: το εξωτερικό περιβάλλον, τους φυσικούς πόρους και το εσωτερικό περιβάλλον.



Οι κατηγορίες αυτές χωρίζονται περαιτέρω σε υποτομείς, οι οποίοι με τη σειρά τους περιέχουν συνολικά 82 παραμέτρους. Κάθε μία από τις παραμέτρους βαθμολογείται ξεχωριστά και συμμετέχει με συγκεκριμένους συντελεστές βαρύτητας στην τελική αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επίδοσης του κτηρίου. (Pettersen, 2000). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση του EcoProfile:



**Σχήμα 1:** Γραφική απεικόνιση του EcoProfile

Η βαθμολόγηση είναι από το 1 ως το 3, όπου το 1 αντιπροσωπεύει την μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση, το 2 την μεσαία και το 3 την μεγάλη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Μία μέθοδος περιβαλλοντικής εκτίμησης, όπως το EcoProfile, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ακόλουθες εφαρμογές:

- Για την περιβαλλοντική ταξινόμηση κτηρίων, η οποία μπορεί να βοηθήσει στην προώθηση των αειφόρων κτηρίων.
- Σαν εργαλείο εσωτερικής διαχείρισης, μέσω του οποίου ο ιδιοκτήτης ενός κτηρίου μπορεί να εκτιμήσει την περιβαλλοντική λειτουργία της κατασκευής και να προχωρήσει σε μέτρα για τη βελτίωσή της.
- Σαν ένα εργαλείο στη φάση σχεδιασμού για τη δημιουργία μίας βιώσιμης κατασκευής.

Το EcoProfile αποτελεί μια απλοποιημένη περιβαλλοντική μέθοδος αποτίμησης κτιρίων, η οποία δίνει μια καλή εικόνα της κατάστασης και του προφίλ αυτών. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι αν πρόκειται για νέα κτήρια, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθούν αυστηρότερα κριτήρια από αυτά που θέτει το EcoProfile.

### 3.2. Δεύτερη κατηγορία εργαλείων

Η δεύτερη κατηγορία εργαλείων βασίζεται στη μεθοδολογία της ανάλυσης του κύκλου ζωής και εφαρμόζεται κυρίως στην επιλογή των κατάλληλων πρακτικών σχεδιασμού και των υλικών κατασκευής (Assefa *et al*, in press). Μέσα από την ανάλυση του κύκλου ζωής εξετάζεται ολοκληρωμένα το κατασκευαστικό προϊόν σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από την εξαγωγή των απαιτούμενων πρώτων υλών μέχρι την κατεδάφισή του (Jonsson A., 1999). Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης κατηγορίας εργαλείων έγκειται στη δυνατότητα υπολογισμού των επιπτώσεων που προκύπτουν από το συνδυασμό συγκεκριμένων υλικών κατασκευής και τεχνικών σχεδιασμού. Τα βασικότερα εργαλεία της δεύτερης κατηγορίας είναι τα ακόλουθα:

#### BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability)

Το εργαλείο **Bees** προσφέρει ένα λογισμικό για την προώθηση οικονομικά αποτελεσματικών αλλά και φιλικών προς το περιβάλλον κατασκευών. Αναπτύχθηκε από το Εθνικό



Ινστιτούτο Τυποποίησης και Τεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (National Institute of Standards and Technology) με την υποστήριξη της EPA (Environmental Protection Agency) και σχεδιάστηκε ώστε να είναι πρακτικό και ευέλικτο. (NIST Building and Fire Research Laboratory with support from the U.S. EPA Environmentally Preferable Purchasing Program, BEES 3.0)

Το συγκεκριμένο εργαλείο μετράει την περιβαλλοντική επίδοση κατασκευών εφαρμόζοντας την ανάλυση του κύκλου ζωής, όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 14040. Μέσα από την εφαρμογή του αναλύονται όλα τα στάδια του κύκλου ζωής μιας κατασκευής. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην παραδοχή πως όλα τα στάδια στη ζωή ενός προϊόντος έχουν ως απόρροια περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που χρήζουν περαιτέρω ανάλυσης. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν τη γνώση, την κατασκευή, τη μεταφορά, την εγκατάσταση, τη χρήση και τη διαχείριση αποβλήτων των πρώτων υλών που απαιτούνται για μια κατασκευή.

Εκτός από την περιβαλλοντική επίδοση, εκτιμάται και η οικονομική λειτουργία της κατασκευής σε όλα τα στάδιά της, με βάση το διεθνές πρότυπο ASTM: αρχική επένδυση, λειτουργία, συντήρηση, επισκευή και τελική διάθεση. Τόσο η περιβαλλοντική όσο και η οικονομική επίδοση συνδυάζονται προκειμένου να εκτιμηθεί η συνολική επίδοση της κάθε κατασκευής.

Το λογισμικό λειτουργεί σε περιβάλλον Windows, απευθύνεται σε μελετητές και κατασκευαστές κτηρίων και παραγωγούς προϊόντων και στη σημερινή (Οκτ. 2002) βελτιωμένη και περισσότερο εκτεταμένη του έκδοση (BEES 3.0) περιλαμβάνει επικαιροποιημένα δεδομένα που αναφέρονται στην περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση περίπου 200 οικοδομικών προϊόντων. Η ταξινόμηση των οικοδομικών προϊόντων για το σύνολο της ανάλυσης πραγματοποιείται σύμφωνα με το πρότυπο UNIFORMAT II της ASTM.

Η ανάλυση καλύπτει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής: την εξόρυξη πρώτων υλών, την παραγωγή προϊόντων, τις μεταφορές, την τοποθέτηση-ενσωμάτωσή τους στο έργο, τη χρήση, τη διαχείριση των απορριμμάτων. Η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων πραγματοποιείται για όλα τα παραπάνω στάδια του κύκλου ζωής, καλύπτοντας δέκα κατηγορίες: το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή, την εξάντληση φυσικών πόρων, την ποιότητα εσωτερικού αέρα, τα στερεά απόβλητα, τον ευτροφισμό, την οικοτοξικότητα, την ανθρωποτοξικότητα, την καταστροφή όζοντος και το νέφος.

Η οικονομική απόδοση προσδιορίζεται με εφαρμογή της πρότυπης μεθόδου κοστολόγησης κύκλου ζωής (E 917-99 ) της ASTM που καλύπτει: το κόστος της αρχικής επένδυσης, το κόστος αντικατάστασης, το κόστος λειτουργίας, το κόστος

συντήρησης και επιδιορθώσεων, το κόστος απομάκρυνσης / καταστροφής. Τα στοιχεία κόστους συναθροίζονται για συγκεκριμένη σταθερή χρονική περίοδο, καθιστώντας δυνατή τη σύγκριση μεταξύ εναλλακτικών επιλογών για προϊόντα με ίδιες λειτουργίες.

Η περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση συνενώνονται σε μία συνολική τιμή, με εφαρμογή του προτύπου (E 1765-95) της ASTM που αναφέρεται στην πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων. Για το σκοπό αυτό, ο χρήστης προσδιορίζει συντελεστές βαρύτητας, ενώ του παρέχεται η δυνατότητα να δοκιμάσει την ευαισθησία της συνολικής βαθμολογίας σχετικά με διαφορετικές ομάδες συντελεστών. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε διάφορα επίπεδα ανάλυσης και σύνθεσης.

Το Bees αποτελεί ένα εργαλείο επιλογής μιας λογικής και συστηματικής τεχνικής για την επιλογή του αποδοτικότερου οικονομικά και του φιλικότερου προς το περιβάλλον προϊόντος κατασκευής. Το λογισμικό βασίζεται σε κοινά αποδεκτά δεδομένα, ενώ ο σχεδιασμός του έχει γίνει με γνώμονα την ευχρηστία και την δυνατότητα προσαρμογής στις εκάστοτε απαιτήσεις του χρήστη.

Το λογισμικό αυτό παρέχει τη δυνατότητα γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων της περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης της κατασκευής, όπως αυτές προκύπτουν από την ανάλυση του κύκλου ζωής των πρώτων υλών. Επιπλέον το πρόγραμμα υποστηρίζει λεπτομερή γραφική απεικόνιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν τόσο από την κατασκευή αυτή κάθε αυτή, όσο και από τη χρήση της, συνυπολογίζοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του λογισμικού αυτού αποτελεί ο σχεδιασμός του. Είναι πολύ εύχρηστο, ενώ παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει αυτός αρκετές παραμέτρους στην εκάστοτε μελέτη, προσαρμόζοντας το με τον τρόπο αυτό στις ανάγκες και τις προϋποθέσεις που κάθε φορά υπάρχουν. Σημαντικό πλεονέκτημα επίσης αποτελεί το ότι παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα πρόσβασης σε όλες τις βάσεις αποδόσεων και σε όλους τους αλγορίθμους που χρησιμοποιεί, καθώς και τη δυνατότητα ο ίδιος να αλλάξει ό,τι θεωρεί σκόπιμο.

Η μεγαλύτερη αδυναμία που εμφανίζει το πρόγραμμά είναι η μικρή βάση δεδομένων, συγκριτικά πάντα με τα υπόλοιπα εργαλεία που διατίθενται στην αγορά με τον ίδιο σκοπό. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει στοιχεία για 200 μόνο κατασκευαστικά προϊόντα καλύπτοντας συγχρόνως μόλις 23 κατασκευαστικά υλικά.

### BEAT (Building Environmental Assessment Tool)

Το **BEAT** (Building Environmental Assessment Tool) αποτελεί επίσης ένα λογισμικό για τον κατασκευαστικό κλάδο, βασισμένο στην ανάλυση του κύκλου ζωής και αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για αρχιτέκτονες, μηχανικούς και κατασκευαστές. Το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα στάδια σχεδιασμού μίας κατασκευής και, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που εισάγονται από το χρήστη, υπολογίζει τις ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής (συμπεριλαμβανομένης και της συντήρησης) και την κατανάλωση ενέργειας, επιτρέποντας έτσι στο χρήστη να επιλέξει το σχεδιασμό με τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (Petersen, 2005)

Ο σχεδιασμός του λογισμικού είναι περισσότερο επικεντρωμένος στη χρήση βιομηχανικών κτιρίων και απευθύνεται σε παραγωγούς οικοδομικών υλικών, αρχιτέκτονες και σε μηχανικούς που δραστηριοποιούνται στο αντικείμενο αυτό.

Στο λογισμικό αυτό περιλαμβάνεται μια βάση δεδομένων, που περιέχει στοιχεία για τις πηγές και τις ποσότητες της ενέργειας που απαιτούνται, κατά προσέγγιση, τόσο για την κατασκευή, όσο και για τη λειτουργία ενός κτηρίου καθώς επίσης και τις πρώτες ύλες. Το πρόγραμμα παρέχει στο χρήστη του τη δυνατότητα να προσθέσει, να μεταβάλλει και να διαγράψει στοιχεία στη βάση δεδομένων. Επίσης επιτρέπει στο χρήστη να εκτελέσει τους υπολογισμούς για τα προϊόντα, τα υλικά κατασκευής και τα κτήρια συνολικά και να τυπώσει τα αποτελέσματα με διαφορετικούς τρόπους.

Η βάση δεδομένων που περιλαμβάνει το λογισμικό έχει ως κύρια πηγή συλλογής δεδομένων (κατανάλωση ενέργειας/ καυσίμων, πρώτων υλών και προϊόντων, και εκπομπών στον αέρα, το νερό και το έδαφος) διάφορους παραγωγούς οικοδομικών υλικών της Δανίας (πίνακες γύψου, ξύλινα προϊόντα, τούβλα, τσιμέντο, σκυρόδεμα, υλικά μόνωσης κ.λπ.). Στοιχεία για την εξαγωγή των πρώτων υλών, παραγωγή των ενδιάμεσων προϊόντων, των πρόσθετων ουσιών (χημικές ουσίες κλπ.) και διάφορων άλλων προϊόντων που δεν παράγονται στη Δανία (κυρίως μέταλλα και πλαστικά) έχουν συλλεχθεί κυρίως από διαθέσιμη βιβλιογραφία.

Έχει υπάρξει σημαντικό ενδιαφέρον για το BEAT και εκτός των ορίων της Δανίας. Για το λόγο αυτό η τελευταία έκδοση είναι διαθέσιμη σε αγγλικά, γαλλικά, γερμανικά και ισπανικά.

Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν με διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι με πίνακες εισαγωγής/ παραγωγής, δηλαδή πίνακες που παρουσιάζουν όλες τις πρώτες ύλες και τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή, τη συντήρηση, τη λειτουργία και την κατεδάφιση ενός



κτηρίου. Εκτός από αυτά συνυπολογίζονται επίσης οι αέριες εκπομπές, τα υγρά και τα στερεά απόβλητα που παράγονται ως αποτέλεσμα του οικοδομήματος. Εναλλακτικά, τα αποτελέσματα μπορούν να απεικονιστούν με πίνακες περιβαλλοντικής επίπτωσης, δηλαδή πίνακες, όπου η κατανάλωση πρώτων υλών & ενέργειας και η παραγωγή αποβλήτων που προκύπτουν συνολικά από το οικοδόμημα ανάγονται σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο EDIP. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα γραφικής απεικόνισης των συμπερασμάτων. Οι παραστάσεις αυτές καλούνται περιβαλλοντικά σχεδιαγράμματα (ιστογράμματα), όπου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η αναγωγή τους στα επιμέρους συστατικά (π.χ. σε ένα κτίριο) μπορούν να παρουσιαστούν.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω με τη χρήση του λογισμικού Beat μπορεί κανείς να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα επιφέρει μια κατασκευή συνολικά, αλλά και μεμονωμένα το κάθε υλικό που θα χρησιμοποιηθεί. Με γνώμονα τη δυνατότητα αυτή, είναι εφικτό να προσδιοριστούν οι επιλογές που μπορούν να υιοθετηθούν για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδράσεων ενός κτηρίου. Ο χρήστης μπορεί να αντικαταστήσει μεμονωμένα οικοδομικά υλικά (π.χ. ένας τύπος εξωτερικού τοίχου με άλλο), ή να προσπαθήσει να αντικαταστήσει την πηγή ενέργειας για τη θέρμανση με άλλη, μειώνοντας έτσι τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις που το οικοδόμημα προκαλεί και να αντιληφθεί αμέσως τις συνέπειες που η αλλαγή αυτή προκαλεί.

Μειονέκτημα για το λογισμικό αυτό αποτελεί πως η εταιρεία που διατηρεί την άδεια εκμετάλλευσης του δεν συλλέγει συστηματικά τα περιβαλλοντικά στοιχεία και πως το παρόν λογισμικό είναι επικεντρωμένο κυρίως στις συνθήκες και τα δεδομένα που επικρατούν στη Δανία.

#### ATHENA TM Environmental Impact Estimator- ATHENA TM 2.0

Το εργαλείο **ATHENA** (Καναδάς) αποτελεί ένα πρακτικό κι εύχρηστο εργαλείο, το οποίο παρέχει υψηλής ποιότητας περιβαλλοντικά δεδομένα και υποστηρίζει, μέσα από τη διεξαγωγή σύνθετων εκτιμήσεων, την επιλογή των καταλληλότερων περιβαλλοντικών πρακτικών. Μέσα από το συγκεκριμένο εργαλείο, πραγματοποιείται η ανάλυση κύκλου ζωής για την κατασκευή, χωρίς καμία απαίτηση από το χρήστη. (Athena Institute International – ATHENA)



Εφαρμόζεται ως εργαλείο περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτιρίων, προσφέροντας δυνατότητες ανάλυσης εναλλακτικών επιλογών σχεδιασμού στο πλαίσιο μιας

συνολικής θεώρησης κύκλου ζωής. Απευθύνεται τόσο στους μελετητές μηχανικούς που ασχολούνται με τη κατασκευή κτιρίων όσο και στους παραγωγούς οικοδομικών υλικών. Στους μελετητές επιτρέπει την επιλογή ανάμεσα σε εναλλακτικά σχέδια - προτάσεις και επιλογές, με γνώμονα πάντα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο σύνολο του κύκλου ζωής του οικοδομήματος. Αυτό είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί είτε σε επίπεδο συνολικού κτηρίου είτε σε μεμονωμένων δομικών στοιχείων. Στους παραγωγούς των οικοδομικών προϊόντων δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών που χρησιμοποιούν και των τεχνολογιών παραγωγής που εφαρμόζουν και να κάνουν κατάλληλες αναπροσαρμογές - βελτιώσεις, όπου κάτι τέτοιο θεωρηθεί σκόπιμο.

Το εργαλείο ATHENA παρέχει ουσιαστικά ένα λογισμικό χρήσιμο στη φάση σχεδιασμού νέων κτηρίων, καθώς και στην περίπτωση ανακαίνισης υφιστάμενων. Τα κτήρια, για τα οποία μπορεί να εφαρμοστεί είναι: βιομηχανικές μονάδες, γραφεία, πολυκατοικίες κλπ. Το ATHENA εισάγει την περιβαλλοντική διάσταση στο σχεδιασμό κτηρίων, σε ποσοστό ίσο με αυτό που κατέχουν τα παραδοσιακά κριτήρια σχεδιασμού. Οι διαστάσεις που λαμβάνονται υπόψη από το εργαλείο είναι:

- παραγωγή υλικών, συμπεριλαμβανομένης της εξαγωγής των πρώτων υλών
- απαιτούμενες μεταφορές
- φάση κατασκευής
- χρήση ενέργειας κατά την κατασκευή
- είδος κτηρίου και διάρκεια ζωής
- ανάγκες συντήρησης και επισκευής
- κατεδάφιση και διάθεση των παραγόμενων αποβλήτων
- κατανάλωση ενέργειας στη φάση λειτουργίας και συνεπαγόμενες εκπομπές

Η δομή του βασίζεται σε τρία κύρια συστατικά:

- εισαγωγή δεδομένων
- υπολογιστικό
- εξαγωγή αποτελεσμάτων

Η εισαγωγή των δεδομένων είναι δυνατή σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας επιτρέποντας τη χρήση του από ευρύτερο φάσμα ειδικοτήτων. Τόσο στην αρχική έκδοσή του (που διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο), όσο και στην τρέχουσα «εμπορική» (Ιούνιος του 2002), το μοντέλο είναι προσαρμοσμένο γεωγραφικά και

τεχνολογικά στην οικοδομική πρακτική του Καναδά και των ΗΠΑ, παρέχοντας ειδικές επιλογές προσαρμογής των δεδομένων για επιμέρους περιοχές.

Στη βάση δεδομένων του προγράμματος περιλαμβάνονται πάνω από 90 οικοδομικά υλικά που μπορούν να συνθέσουν πάνω από 1.000 απλά και σύνθετα κατασκευαστικά στοιχεία, με βάση προκαθορισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και συγκεκριμένες κατασκευαστικές επιλογές.

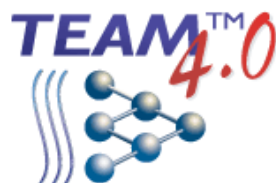
Τα στάδια του κύκλου ζωής που αναλύονται στο εργαλείο είναι η εξόρυξη πρώτων υλών, η παραγωγή δομικών υλικών, η κατασκευή, η χρήση και η συντήρηση, η κατεδάφιση, η ανακύκλωση, η επανάχρηση και η απόθεση, ενώ ειδικό τμήμα του μοντέλου υπολογίζει την ενέργεια κατεδάφισης και την τελική απόθεση των υλικών. Τα αποτελέσματα που εξάγει αναφέρονται αποκλειστικά στο σύνολο του κτηρίου, ενώ υπάρχουν δυνατότητες παρουσίασής τους σε διάφορες διαγραμματικές μορφές (π.χ ιστογράμματα).

Συγκριτικό πλεονέκτημα του λογισμικού έναντι των υπόλοιπων της αγοράς είναι πως αυτό παρέχεται ελεύθερα στο δίκτυο και για δοκιμή και για χρήση. Μειονεκτεί στην περιορισμένη βάση δεδομένων που διαθέτει (περιέχει πλήρη στοιχεία μόνο για το ξύλο και για χάλυβα).

Η βελτιωμένη έκδοση που αναμένεται να κυκλοφορήσει προσεχώς θα περιλαμβάνει μια πιο πλήρη βάση δεδομένων (θα περιέχει στοιχεία και για κουφώματα, γύψινα αντικείμενα, χρώματα κα.).

## TEAM

Το εργαλείο **TEAM** (Γαλλία) αποτελεί ένα λογισμικό που βασίζεται στην ανάλυση του κύκλου ζωής. Επιτρέπει στο χρήστη να χρησιμοποιήσει μία μεγάλη βάση δεδομένων για να μοντελοποιήσει κάθε σύστημα, όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 14040. (Ecobilan, TEAM)



Αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για μηχανικούς οι οποίοι ασχολούνται με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική και με τη βελτίωση υφιστάμενων κατασκευών σύμφωνα με τις αρχές της αειφορίας.

Το πρόγραμμα συνοδεύεται από μια εκτενή βάση δεδομένων LCA για προϊόντα που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σε μια οικοδομική κατασκευή. Επιτρέπει στο χρήστη να χρησιμοποιήσει τη βάση δεδομένων για να μοντελοποιήσει κάθε σύστημα, όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 14040. (Ecobilan, TEAM)

Πολλά στοιχεία της βάσης δεδομένων αφορούν πρώτες ύλες (όπως για παράδειγμα ακατέργαστο πετρέλαιο, άνθρακα, μετάλλευμα σιδήρου, βωξίτη, ασβεστόλιθο, ύδωρ, κ.λπ.). Επιπλέον σημαντική βαρύτητα έχει δοθεί σε δείκτες που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας τόσο κατά τη φάση της κατασκευής του κτηρίου όσο και της χρήσης αυτού. Το λογισμικό περιλαμβάνει επίσης πληροφορίες για ενδιάμεσα παραγόμενα προϊόντα (νάφθα, αιθυλένιο, σπείρα αργιλίου, κ.α.).

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής οικονομικών ροών και υπολογισμού των λειτουργικών δαπανών, του απαιτούμενου κόστους για τη προμήθεια κύριου εξοπλισμού.

Ως περιβάλλον εργασίας είναι φιλικό ως προς το μέσο χρήστη, ενώ δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού. Είναι συμβατό με τη βάση δεδομένων Ecoinvent, μπορεί όμως να χρησιμοποιήσει στοιχεία που προκαθορίζει ο χρήστης ή συνδυασμό των παραπάνω.

Πλεονέκτημα για TEAM αποτελεί το ότι επιτρέπει την πρόσβαση μέσω διαδικτύου σε βάσεις για την συνεχή ενημέρωση των στοιχείων που χρησιμοποιεί.

Μειονέκτημα για την ευρύτερη διάδοση του λογισμικού είναι η μη ύπαρξη δυνατότητας δωρεάν προμήθειας του. Παρά όλα αυτά, το απαιτούμενο κόστος για την απόκτηση της αναγκαίας άδειας χρήσης δεν κυμαίνεται σε ποσά που θεωρούνται υπέρογκα. Ενδεικτικά οι τιμές, που έχουν ανακοινωθεί, για το 2006, από την εταιρεία που διατηρεί τα δικαιώματα εκμετάλλευσης του λογισμικού είναι 3.000 € για την πρώτη άδεια, 1.000 € για ανανέωση και 1.300 € για βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών από το πρόγραμμα. Στις παραπάνω τιμές δεν συμπεριλαμβάνεται η φορολογία (ΦΠΑ) που κάθε χώρα επιβάλλει.

Στους περιορισμούς του έγκειται η έλλειψη δυνατότητας από το χρήστη να εισάγει συντελεστές βαρύτητας για την εκτίμηση των επιπτώσεων και η περιορισμένη δυνατότητα σύγκρισης των εναλλακτικών δυνατοτήτων. (Menke et al, 1996)

Γενικά κρίνεται ως ένα αξιολογικό μοντέλο που απαιτεί όμως πολλά και λεπτομερή στοιχεία για να εξάγει ασφαλή συμπεράσματα.

## ENVEST

Το εργαλείο **ENVEST** αποτελεί ένα βρετανικό λογισμικό που σκοπό έχει να απλουστεύσει την ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία του σχεδιασμού φιλικών προς το περιβάλλον κατασκευών (επικεντρώνεται κυρίως σε κτήρια γραφείων). Μέσα από το συγκεκριμένο εργαλείο, ο κατασκευαστής εισάγει τις παραμέτρους σχεδιασμού (ύψος, αριθμός ορόφων, εμβαδόν παραθύρων κλπ.) και τα υλικά που σκοπεύει να χρησιμοποιήσει και το λογισμικό παρουσιάζει με τη σειρά του τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προκύψουν. Μπορεί επίσης να προβλέψει τις επιπτώσεις που αντιστοιχούν σε διαφορετικές μεθόδους θέρμανσης και ψύξης. Η σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών μεθόδων όσο και των προδιαγραφών σχεδιασμού μπορεί στη συνέχεια να προωθήσει την πιο αειφόρο επιλογή. (London Sustainability Exchange - ENVEST)

Το Envest, απαιτώντας τα ελάχιστα δυνατά στοιχεία, επιτρέπει στους σχεδιαστές κτιρίων να προσδιορίσουν αμέσως τις πτυχές του κτηρίου που έχουν τη μέγιστη επιρροή. Απευθύνεται κυρίως σε αρχιτέκτονες, σχεδιαστές, εταιρίες που παρέχουν υπηρεσίες συμβούλων, φορείς, υπηρεσίες που έχουν ως τομέα δραστηριοποίησης θέματα περιβάλλοντος & ενέργειας και ερευνητικά ιδρύματα.

Το πρόγραμμα απαιτεί την εισαγωγή παραμέτρων που σχετίζονται με τη γεωμετρία του οικοδομήματος, τις προδιαγραφές των υλικών κατασκευής που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς επίσης και τον τρόπο λειτουργίας – χρήσης του κτηρίου. Το λογισμικό επιλέγει εκ των προτέρων ορισμένες παραμέτρους και θέτει τις βασικές προδιαγραφές.

Όλες οι περιβαλλοντικές επιδράσεις υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μια ενιαία κλίμακα σημείων αποκαλούμενη «ecopoints» που επιτρέπει στους σχεδιαστές να κάνουν συγκρίσεις άμεσα μεταξύ των διαφορετικών σχεδίων και των προδιαγραφών. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται τόσο με αριθμητικές τιμές, όσο και με γραφήματα. Οι γραφικές παραστάσεις περιλαμβάνουν τη συνολική περιβαλλοντική απόδοση του κύκλου ζωής του κτηρίου μελέτης, και τη σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων μεταξύ του κτηρίου μελέτης και άλλων.

Το λογισμικό επιτρέπει στο χρήστη να βελτιστοποιήσει τη μορφή οικοδομήματος με απώτερο στόχο την ελάχιστη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση και προτείνει τα κύρια δομικά υλικά με τις ελάχιστες επιδράσεις.

Τα περιβαλλοντικά δεδομένα που προκύπτουν από την εφαρμογή του ENVEST μπορούν να εμφανιστούν είτε με τη μορφή της βαθμολόγησης 12 επιπτώσεων (από κλιματική αλλαγή μέχρι τοξικότητα) είτε με μία και μόνο βαθμολογία που αντιπροσωπεύει τη συνολική περιβαλλοντική επίδοση της κατασκευής, για πιο

εύκολη και άμεση σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών σχεδίων. (Building Research Establishment Limited, ENVEST 2).

Το λογισμικό αυτή τη στιγμή διατίθεται στην αγορά με δύο διαφορετικές εκδόσεις. Η πρώτη καθορίζει τα περιβαλλοντικά και οικονομικά στοιχεία για το σύνολο του κύκλου της ζωής του κτηρίου. Απευθύνεται στους χρήστες που ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για κατασκευές «φιλικές» προς το περιβάλλον, θεωρώντας συγχρόνως χρήσιμο να μπορούν να πραγματοποιούν εκτίμηση για τις οικονομικές αποδόσεις ενός κτηρίου στο σύνολο του κύκλου ζωής του. Η δεύτερη έκδοση έχει ένα πιο οικονομοκεντρικό προσανατολισμό. Συγκεκριμένα, παρέχει τα απαιτούμενα στοιχεία για την περιβαλλοντική αξιολόγηση ενός κτηρίου, αλλά ταυτόχρονα επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει οικονομικά στοιχεία και δαπάνες. Αυτό αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για χρήστες που επιθυμούν μια πιο συνολική εκτίμηση μιας επένδυσης.

Οι πιο χαρακτηριστικές αδυναμίες που παρουσιάζει το Envest ως λογισμικό επικεντρώνονται στις απλουστευμένες μεθόδους που χρησιμοποιεί, με αντίστοιχα αποτελέσματα και ότι συγκριτικά με άλλα λογισμικά που είναι σχεδιασμένα με τον ίδιο σκοπό προσφέρει περιορισμένες επιλογές – δυνατότητες.

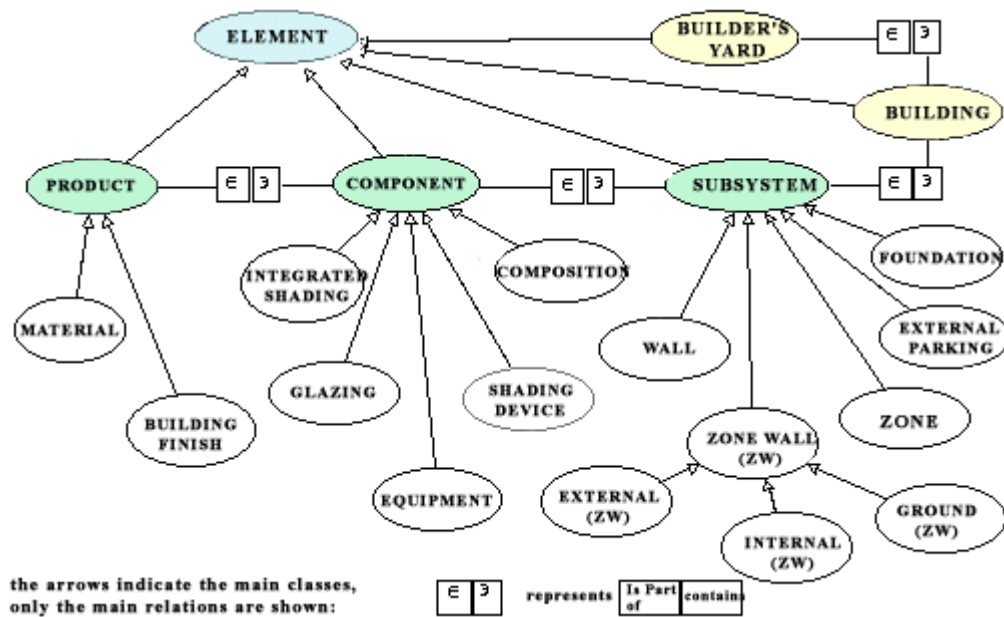
#### EQUER

Το εργαλείο **EQUER** (Γαλλία) αποτελεί μία μέθοδο εκτίμησης του κύκλου ζωής για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα διάφορα στάδια (εξαγωγή πρώτων υλών, κατασκευή, χρήση, ανακαίνιση, κατεδάφιση). Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στη βιομηχανική δραστηριότητα και στη συνέχεια υιοθετήθηκε από τον κλάδο των κτηρίων. (Centre for Energy and Processes – EQUER)

Το Equer εκτελεί ετήσιες προσομοιώσεις του κύκλου ζωής ενός κτηρίου, ούτως ώστε να παρέχει περιβαλλοντικούς δείκτες σε μηχανικούς που ασχολούνται με την μηχανολογία, την ενέργεια και την αρχιτεκτονική (π.χ. παγκόσμια θέρμανση, ευτροφισμός, και εξάντληση των φυσικών πόρων).

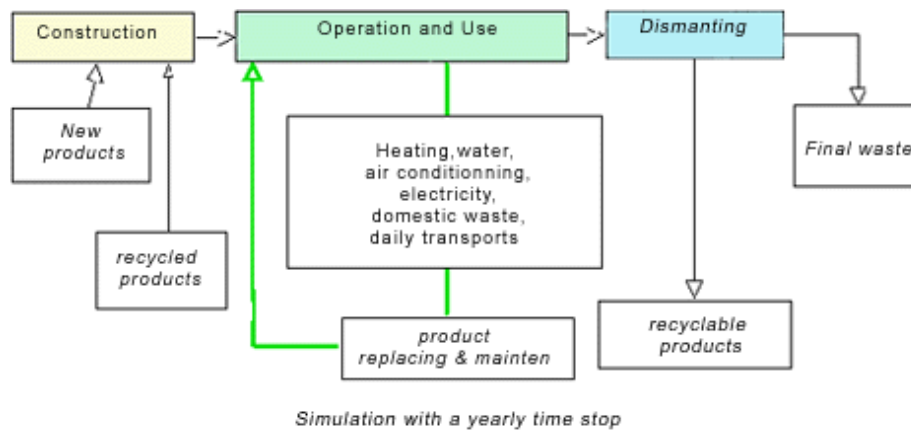
Μέσα από την εφαρμογή του μοντέλου, σε συνδυασμό και με τη χρήση ενός εργαλείου θερμικής προσομοίωσης, καθίσταται δυνατή η σύγκριση των διαφόρων σχεδιαστικών εναλλακτικών λύσεων. Η δομή του μοντέλου παρουσιάζεται στο

**Σχήμα 2:**



**Σχήμα 2:** Δομή του EQUER

Οι βασικές κατηγορίες του μοντέλου είναι τα προϊόντα (οικοδομικά υλικά κλπ.), τα συστατικά (σύνολο προϊόντων, όπως τα παράθυρα κλπ.), τα υποσυστήματα (επιτόπια κατασκευασμένο σύνολο προϊόντων ή συστατικών, όπως οι τοίχοι), ολόκληρο το κτήριο και η περιοχή γύρω από το κτήριο. Μέσα από την εφαρμογή του μοντέλου λαμβάνονται υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής της κατασκευής (**Σχήμα 3**).



**Σχήμα 3:** Στάδια του κύκλου ζωής της κατασκευής, σύμφωνα με το EQUER

## KCL-Eco

Το εργαλείο **KCL-Eco** (Φινλανδία) αποτελεί ένα υπολογιστικό πρόγραμμα ανάλυσης του κύκλου ζωής, ικανό να χειριστεί μεγάλα συστήματα.



Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου εργαλείου αποτελούν η δυνατότητα γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων, η εκτίμηση των επιπτώσεων με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων και η ανάλυση ευαισθησίας. (KCL-Eco

software)



**Σχήμα 4:** Σχηματική ανάλυση επιπτώσεων, σύμφωνα με το KCL-Eco

Η χρήση του KCL-ECO δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Το λογισμικό απευθύνεται σε βιομηχανίες, ινστιτούτα ερευνών, πανεπιστήμια, συμβούλους - μηχανικούς κ.α

Η εισαγωγή δεδομένων μπορεί να γίνει κατευθείαν από τη βάση δεδομένων KCL Ecodata του προγράμματος ή από το χρήστη. Η εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται σε αναφορές και πίνακες, οι οποίοι μπορούν να αντιγραφούν σε άλλα προγράμματα για περαιτέρω ανάλυση.

Η KCL ecodata είναι μια βάση δεδομένων που ανανεώνεται συνεχώς και η οποία προορίζεται πρωτίστως για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής σχετικά με δασικά προϊόντα. Τα στοιχεία έχουν συλλεχθεί από εμπειρογνώμονες διαφόρων κλάδων της βιομηχανίας και από δημοσιεύσεις και ερωτηματολόγια..

Μοναδική αδυναμία του προγράμματος είναι ότι δέχεται μόνο γραμμικές λειτουργίες.



## **Βιβλιογραφία**

Athena Institute International (Canada) – ATHENA

(<http://www.athenasmi.ca/index.html>)

Asif M., Muneer T., Kelley R., in press. *Life Cycle Assessment: A case study of a dwelling home in Scotland*. Building and Environment

Assefa G., Glaumann M., Malmqvist T., Kindembe B., Hult M., Myhr U., Eriksson O., article in press. *Environmental assessment of building properties – Where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect*. Building and Environment

Building Research Establishment (BRE) Limited, BRE's Environmental Assessment Method - BREEAM (<http://www.breem.org/>)

Building Research Establishment (BRE) Limited, ENVEST 2  
(<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>)

CETC Buildings Group, CANMET, Natural Resources Canada, Green Building Assessment Tool - GBTool 1.3  
(<http://greenbuilding.ca/gbc98cnf/sponsors/gbtool.htm>)

Centre for Energy and Processes (Paris) – EQUER  
(<http://www.cenerg.ensmp.fr/english/logiciel/indexequer.html>)

Chrisna du Plessis, 2002. *The environmental impact of buildings*, Programme for Sustainable Human Settlements

Cole R.J. and Larsson N., 2002. GBTool User Manual. International Initiative for a Sustainable Built Environment, International Framework Committee

Ecobilan, Tool for Environmental Analysis and Management - TEAM  
([http://www.ecobalance.com/uk\\_lcatool.php](http://www.ecobalance.com/uk_lcatool.php))

*Field Guide for Sustainable Construction*, 2004. Editor: Pulaski M.H., published by the Pennsylvania State University, produced by Pentagon Renovation and Construction Program Office, Safety Sustainability and Environment IPT and Washington Headquarters Services Defense Facilities Directorate

Jonsson A., 1999. Tools and methods for environmental assessment of building products – methodological analysis of six selected approaches. *Building and Environment*, 35 (2000), 223 – 238

KCL-Eco software (<http://kcl.fi/eco/>)

London Sustainability Exchange - ENVEST

[http://www.lsx.org.uk/programmes/Initdescrip51100\\_page1802.aspx](http://www.lsx.org.uk/programmes/Initdescrip51100_page1802.aspx)

Menke D.M., Davis G.A. and Vigon B.W., 1996. Evaluation of Life – Cycle Assessment Tools, 1996, Final Report

NIST (National Institute of Standards and Technology) Building and Fire Research Laboratory with support from the U.S. EPA Environmentally Preferable Purchasing Program, Building for Environmental and Economic Sustainability – BEES 3.0 (<http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees.html>)

Office of the Federal Environmental Executive (<http://www.ofee.gov/sb/sb.htm>)

Pettersen T.D., 2000. *Ecoprofile for Commercial Buildings: Simplistic Environmental Assessment Method*

Petersen E.H., 2005. *BEAT 2002 – An LCA based assessment tool for the building industry*, Danish Building and Urban Research

Thormak C., in press. *The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building*. *Building and Environment*

US Green Building Council – LEED

(<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=220&>)

Whole Building Design Guide, National Institute of Building Sciences (<http://www.wbdg.org/design/sustainable.php>)