



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

## ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

περιβαλλοντική αξιολόγηση της διογκωμένης  
πολυστερίνης και του ξυλόμαλλου

**Όλγα Μαρία Γεωργακοπούλου**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται  
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων  
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό  
Δίπλωμα Ειδίκευσης  
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου  
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

**Αθήνα, Οκτώβριος 2011**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Χρ. Κορωναίος**

**Επιτροπή Παρακολούθησης:**

Καθηγητής Χρ. Κορωναίος  
Καθηγητής Κ. Κουτσόπουλος  
Καθηγητής Δ.. Καλιαμπάκος

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

## ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

περιβαλλοντική αξιολόγηση της διογκωμένης  
πολυστερίνης και του ξυλόμαλλου

**Όλγα Μαρία Γεωργακοπούλου**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται  
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων  
για το Διεπιστημονικό - Διατμηματικό  
Δίπλωμα Ειδίκευσης  
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου  
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

**Αθήνα, Οκτώβριος 2011**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Χρ. Κορωναίος**

**Επιτροπή Παρακολούθησης:**

Καθηγητής Χρ. Κορωναίος  
Καθηγητής Κ. Κουτσόπουλος  
Καθηγητής Δ.. Καλιαμπάκος

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Μεταπτυχιακή Εργασία

**«ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ  
ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - περιβαλλοντική αξιολόγηση της  
διογκωμένης πολυστερίνης και του ξυλόμαλλου»**

**Όλγα Μαρία Γεωργακοπούλου**  
Αρχιτέκτων Μηχανικός

Η παρούσα διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής επιτροπή

.....  
Κων/νος Κουτσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Χριστ. Κορωναίος  
Επισκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτρ. Καλιαμπάκος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

## Πρόλογος

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη είναι η πρόκληση του 21ου αιώνα. Η εξέλιξη της ιδέας των βιώσιμων κατασκευών στον κτιριακό τομέα έγινε σταδιακά: Αρχικά, κυριαρχούσε το μοντέλο της παραδοσιακής κατασκευής με βασικά κριτήρια το κόστος, την ποιότητα και το χρόνο ολοκλήρωσης των κατασκευών. Στη συνέχεια, η ιδέα της βιωσιμότητας αναπτύχθηκε σε τοπική κλίμακα εισάγοντας κριτήρια στο σχεδιασμό και στην κατασκευή που αφορούσαν στη χρήση πόρων, στις εκλυόμενες εκπομπές και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο φυσικό οικοσύστημα. Τα κριτήρια αυτά ήρθαν να συνυπολογιστούν στα κριτήρια των παραδοσιακών κατασκευών και να εισαγάγουν την έννοια τη περιβαλλοντικής διάστασης στον τομέα των κατασκευών. Τέλος, η παγκόσμια διάσταση στη βιωσιμότητα των κατασκευών αναφέρεται σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις παγκόσμιας κλίμακας, όπως για παράδειγμα η αλλαγή κλίματος. Επιπλέον, οι κατασκευές αποτελούν συστήματα διεργασιών που σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους από το σχεδιασμό και την κατασκευή μέχρι τη λειτουργία και την αποδόμησή τους συνδέονται με τη χρήση ενέργειας, φυσικών πόρων και υλικών. Ιδιαίτερα οι κατασκευές των κτιρίων συμπεριλαμβάνουν εκτός των άλλων και παραμέτρους που σχετίζονται με κοινωνικά θέματα. Δεν αποτελούν δηλαδή απλώς τεχνικά έργα, αλλά εκφράζουν ανάγκες, τρόπο ζωής, επιθυμία για ποιότητα και πολιτισμό. Ένα κτίριο είναι ένα σύστημα διεργασιών, το οποίο είναι σκόπιμο να εξεταστεί και να αξιολογηθεί όχι μόνο βάσει οικονομικών και κατασκευαστικών κριτηρίων αλλά και βάσει παραμέτρων που αφορούν στο περιβάλλον, την υγιεινή, την ασφάλεια και την ποιότητα ζωής των χρηστών του. Ένα κτίριο είναι ένα δυναμικό σύστημα που βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Λαμβάνοντας υπόψη τη συνθετότητα του ζητήματος και τις σύγχρονες απαιτήσεις και επιδιώξεις, η παρούσα εργασία προσπάθησε να αναλύσει και να αξιολογήσει το ζήτημα της εξωτερικής μόνωσης των κτιρίων και την ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αξιολόγησή τους στην Ελλάδα. Με την ολοκλήρωση αυτού του μεταπτυχιακού προγράμματος έρχεται η στιγμή να ευχαριστήσω κανείς, σε πρώτο πρόσωπο αυτούς των οποίων η βοήθεια στάθηκε καθοριστική στην ολοκλήρωση της προσπάθειας.

Ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή Χ. Κορωναίο. Δεν θα είναι υπερβολή να πω πως αν δεν ήταν εκείνος που με στήριζε με την εμπιστοσύνη και την βοήθειά του αυτούς τους μήνες δεν θα προχωρούσα στην ιδέα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς ούτε με την ολοκλήρωση αυτής στο πανεπιστήμιο NTNU του Trondheim.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Κ.Κουτσόπουλο, διευθυντή του διατμηματικού

μεταπτυχιακού προγράμματος 'Περιβάλλον και Ανάπτυξη' του Τμήματος Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., για τη γενικότερη στήριξη που μου προσέφερε έως και σήμερα, για την οργανωτικότητα και την υπευθυνότητά του στο χειρισμό όλων των αναγκαίων ζητήματων αυτά τα δύο χρόνια καθώς και για τη συμμετοχή του στη συμβουλευτική επιτροπή της παρούσας διπλωματικής. Να ευχαριστήσω ακόμη τον Αν. Καθηγητή Rolf Andre Bohne, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του NTNU, για τις υποδείξεις και διορθώσεις του καθώς και για τη βοήθεια στα πλαίσια της παραμονής μου στη Νορβηγία καθώς και τον Καθηγητή Δ. Καλιαμπάκο για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω για τη συνεργασία και την υπομονή, τους καλούς μου φίλους και συναδέλφους Δρ. Goce Talev, Selamawit Fufa, Barun Shankar Gupta, Ελένη Ανδρέου, Αγγελική Κουρουζίδου, Ηρώ Ροϊνιώτη και Παύλο Κεφαλά.

Δεν θα ήθελα να παραβλέψω το τεχνικό και διοικητικό προσωπικό του NTNU και του Ε.Μ.Π. για τη βοήθειά τους σε κάθε δυσκολία και εμπόδιο και ιδιαίτερα την υπεύθυνη υποτροφιών Βασιλική Λεουτσέα για την υπέρογη προσπάθεια που κατέβαλε και την μάχη που έδωσε μαζί μας για την εξασφάλιση της υποτροφίας.

Παρ' ότι είναι απρόσωπο, νιώθω ότι οφείλω να ευχαριστήσω στο σημείο αυτό, το πρόγραμμα υποτροφιών FMO / EEA FM Grants "Scholarship & Mobility Programme" το οποίο στήριξε οικονομικά τη διπλωματική αυτή.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	i
Περιεχόμενα.....	iii
Περιεχόμενα σχημάτων και πινάκων.....	v
Περίληψη.....	vii
Summary.....	viii
1. Εισαγωγή.....	1
2. Θερμομονωτικά υλικά.....	8
2.1 Βασικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών.....	10
2.2 Ταξινόμηση θερμομονωτικών υλικών.....	12
2.3 Η ελληνική αγορά .....	15
Ξυλόμαλλο.....	18
Διογκωμένη πολυστερίνη.....	21
3. Εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης .....	25
3.1 Θεωρίες και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική αξιολόγηση.....	26
3.2 Ανάλυση κύκλου ζωής – θεωρητικό υπόβαθρο.....	28
Καθορισμός στόχου - όρια υπό μελέτη συστήματος - Αναλυτική Απογραφή Δεδομένων.....	30
Εκτίμηση των επιπτώσεων.....	32
Εκτίμηση βελτιώσεων.....	34
3.3 Εφαρμογή AKZ στα δομικά υλικά και στο κτίριο.....	34
3.4 Εργαλεία για την εφαρμογή της AKZ.....	36
Σύντομη παρουσίαση του λογισμικού πακέτου SimaPro 7.3.....	37
Η μεθοδολογία εκτίμησης επιπτώσεων Eco-indicator 99.....	40
4. Περιβαλλοντική αξιολόγηση AKZ ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης.....	45
4.1 Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης.....	45
4.2 Επιδίωξη.....	46
4.3 Λειτουργική μονάδα.....	46
4.4 Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων.....	47
4.5 Καθορισμός και οριοθέτηση συστήματος.....	48
4.5.1 Ξυλόμαλλο.....	49
4.5.2 Διογκωμένη πολυστερίνη.....	52

4.6 Εκτίμηση των επιπτώσεων.....	55
4.7 Κατηγοριοποίηση.....	55
4.8 Κανονικοποίηση.....	56
4.9 Εκτίμηση βελτιώσεων.....	56
4.10 Αποτελέσματα .....	57
6. Συμπεράσματα.....	63
Βιβλιογραφία.....	65
Κατάλογος Συντμήσεων.....	69
Παράρτημα Α: Διεργασίες της βάσης δεδομένων ecoinvent.....	70
Παράρτημα Β: Κατάλογος απογραφής κύκλου ζωής – LCI.....	78

## Περιεχόμενα σχημάτων και πινάκων

### Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 1: Ταξινόμηση των γνωστότερων θερμομονωτικών υλικών .....	14
Σχήμα 2: Η αγορά θερμομονωτικών υλικών στην Ε.Ε.....	15
Σχήμα 3: Η αγορά θερμομονωτικών υλικών στην Ελλάδα.....	16
Σχήμα 4: ο οίκος Heraklith .....	18
Σχήμα 5: Ξυλόμαλλο .....	18
Σχήμα 6: Παραγωγική διαδικασία μονωτικών πλακών ξυλόμαλλου .....	19
Σχήμα 7: Διάγραμμα παραγωγής της διογκώσιμης πολυστερίνης (κόκκοι EPS) .....	22
Σχήμα 8: Διάγραμμα παραγωγής της διογκωμένης πολυστερίνης .....	24
Σχήμα 9: Κύκλος ζωής των προϊόντων.....	25
Σχήμα 10: Η μεθοδολογία της AKZ σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 .....	29
Σχήμα 11: Όρια του συστήματος στην AKZ.....	30
Σχήμα 12: Κύκλος ζωής προϊόντος και ανταλλαγές με το περιβάλλον .....	32
Σχήμα 13: Στάδια της Εκτίμησης Επιπτώσεων (ISO 14042) .....	33
Σχήμα 14: Μεθοδος των ενδιάμεσων και της κατάληξης .....	34
Σχήμα 15: Η βιβλιοθήκη eco-invent .....	38
Σχήμα 16: Συσχέτιση σταδίων ζωής - τελικές επιπτώσεις .....	41
Σχήμα 17: Κατηγορίες επιπτώσεων του Eco-indicator '99 .....	42
Σχήμα 18: Σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης σε σκυρόδεμα.....	47
Σχήμα 19: Διάγραμμα ροής του συνόλου διεργασιών - περιβάλλον του ξυλόμαλλου.....	49
Σχήμα 20: Διάγραμμα ροής της παραγωγής των μονωτικών πλακών ξυλόμαλλου .....	50
Σχήμα 21: Δέντρο διεργασιών για την AKZ του ξυλόμαλλου.....	51
Σχήμα 22: Διαγραμμα ροής του συνόλου διεργασιών – περιβάλλον της διογκωμένης πολυστερίνης .....	52
Σχήμα 23: Διαγραμμα ροής παραγωγής της διογκωτικής πολυστερίνης .....	53
Σχήμα 24: Δέντρο διεργασιών για την AKZ της διογκωμένης πολυστερίνης.....	54

### Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Ιδιότητες των πιο γνωστών μονωτικών υλικών .....	12
---	----



Πίνακας 2: Συγκριτικά χαρακτηριστικά ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης .....	17
Πίνακας 3: Αποτελέσματα Εκτίμησης Βλαβών (Damage)	
Σύγκριση 1 κιλού ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης.....	57
Πίνακας 4: Αποτελέσματα Στάθμισης	
Σύγκριση 1 κιλού ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης.....	58
Πίνακας 5: Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού 1 κιλού διογκωμένης πολυστερίνης.....	58
Πίνακας 6: Τιμές Χαρακτηρισμού	
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου.....	60
Πίνακας 7: Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού στις 11 κατηγορίες	
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου.....	60
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Εκτίμησης Απωλειών	
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου.....	61
Πίνακας 9: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης	
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου.....	62

## Περίληψη

Η εξάντληση των φυσικών πόρων, η αυξητική κατανάλωση ενέργειας, η διατάραξη των οικοσυστημάτων, η κλιματική αλλαγή και η αλλοίωση της σύστασης της ατμόσφαιρας με εμφανή αποτελέσματα την υπερθέρμανση του πλανήτη και την ελάττωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, συνιστούν περιβαλλοντικά θέματα παγκοσμίου ενδιαφέροντος που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης προκειμένου να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα του πλανήτη. Σημαντικό μερίδιο στη διαμόρφωση της υφιστάμενης κατάστασης κατέχει ο κτιριακός τομέας και η διαρκής αύξησή του καθιστά σαφή την ανάγκη για δραστική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνοδεύουν το μεγάλο κύκλο ζωής των κτιριακών κατασκευών.

Μία σημαντική κατηγορία δομικών υλικών, η οποία συνδέεται με την εξοικονόμηση ενέργειας γι' αυτό και εξετάζεται στην παρούσα εργασία, είναι τα θερμομονωτικά υλικά. Γίνεται αναφορά στα βασικά χαρακτηριστικά τους καθώς και στις τάσεις που επικρατούν στην ελληνική αλλά και ευρωπαϊκή αγορά. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα χρησιμεύσουν για να γίνουν οι συγκρίσεις και η τελική ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών ανάλογα με την προέλευσή τους.

Σε μια προσπάθεια επανεξέτασης της καταλληλότητας των φυσικών μονωτικών υλικών, επιλέγεται ο κύριος εκπρόσωπος συνθετικών και φυσικών μονώσεων. Ακολούθως παρουσιάζονται και αναλύονται η διογκωμένη πολυστερίνη και οι πλάκες ξυλόμαλλου.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων εξωτερικής θερμομόνωσης με βάση τα συγκεκριμένα υλικά με δυνατότητα εφαρμογής σε υφιστάμενες και νέες κατασκευές για την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση των θερμικών φορτίων αλλά ταυτόχρονα και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Η διερεύνηση και αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων πραγματοποιείται με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), δηλαδή λαμβάνεται υπόψη ολόκληρος ο κύκλος ζωής της εξεταζόμενης τεχνικής λύσης, από την παραγωγή των πρώτων υλών έως τη διάθεση των τελικών απορριμμάτων, παρέχοντας έτσι μια ολιστική προσέγγιση στο περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν και γίνονται οι ανάλογες προτάσεις.

## Summary

The depletion of natural resources, the rising energy consumption, the disruption of ecosystems and the climate change are leading to obvious consequences as the global warming and the depletion of stratospheric ozone which are environmental issues of global concern requiring immediate treatment in order to ensure the sustainability of the planet. Significant share in the formulation of the present situation has the building sector and its continued growth demonstrates the need to drastically reduce energy consumption and environmental impacts that accompany the long life cycle of buildings.

An important category of building materials, which is associated with energy savings, are the insulating materials. Their main characteristics and their field of application are discussed with regards to their efficiency, as well the current trends in the Greek and European market. These features will serve to make the comparisons and the final classification of insulating materials according to their origin. In an effort to review the suitability of natural insulation materials, the main representative of synthetic and natural insulation are chosen. Moreover, extruded polystyrene and wood wool cement boards are presented and analyzed.

In addition, a comparative evaluation of alternative systems of external insulation based on the specific insulating materials having applicability to existing and new buildings to save energy, reduce heat loads, but at the same time reducing environmental burdens. The investigation and assessment of environmental impacts made by the method of LCA (Life Cycle Assessment - LCA), that is taking into account the entire life cycle of the proposed technical solution, from the production of raw materials till the final disposal of waste, providing a holistic approach to the environmental footprint. Finally, the conclusions of the study as well as the relevant proposals are summarized.

## 1. Εισαγωγή

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο με την τελική κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ να ανέρχεται στα 1.168 Mtoe ή 2,4 toe/κάτοικο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρελαίου) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αντιστοιχεί στο ένα τρίτο των συνολικά παραγόμενων εκπομπών στην Ευρώπη [1]. Ειδικότερα για την Ελλάδα, με βάση τα στοιχεία από την Εθνική Απογραφή Εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου, η οποία υποβλήθηκε στην ΕΕ από το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ, οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου της χώρας μας, το 2006, ανήλθαν σε 133,11 Mt ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα. Η κατανομή των ισοδύναμων εκπομπών CO<sub>2</sub> αντιστοιχίζεται σε ποσοστό 44% στον κτιριακό τομέα, 21% στις μεταφορές, 28% στη βιομηχανία και 7% στις λοιπές χρήσεις [2].

Στην Ελλάδα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 36% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Δυστυχώς, η ενέργεια αυτή δεν προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές αλλά σε ποσοστό 58% από πετρέλαιο και σε ποσοστό 27,3% από ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από λιγνίτη. Το μερίδιο πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι μόλις 4% και από φυσικό αέριο 9% [3].

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί πως ο κύκλος ζωής των κτιρίων συνδέεται με σημαντικές καταναλώσεις ενέργειας. Η κατασκευή των κτιρίων έχει σημαντική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, καθώς επηρεάζεται από αυτό αλλά και το επηρεάζει με τη χρήση γης, πρώτων υλών και ενέργειας, καθώς και την παραγωγή αποβλήτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του [4]. Για την κατασκευή των κτιρίων χρησιμοποιείται το 40% της πέτρας, της άμμου και του χαλίκιου, το 25% του ξύλου και το 16% του νερού ετησίως στον κόσμο [5]. Δείκτες κατανάλωσης ενέργειας από τον OECD (2006)

αποδεικνύουν ότι στον τομέα των κατασκευών χρησιμοποιείται το 25% με 40% της συνολικής ενέργειας, ενώ σε μερικές χώρες το ποσοστό αυτό αγγίζει και το 50% [6]. Οι σημαντικότερες καταναλώσεις ενέργειας μη ανανεώσιμων πηγών και αντίστοιχα εκπομπών του θερμοκηπίου εντοπίζονται στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου. Η ενέργεια που καταναλώνεται στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου, με διάρκεια ζωής τα 50 χρόνια, είναι το 80 – 90% της συνολικής του ενέργειας [7]. Ως απάντηση σε αυτό, ένα μεγάλο κομμάτι της έρευνας που τώρα διεξάγεται έχει ως στόχο τη μείωση αυτού του ποσοστού. Ωστόσο, αυτή η εικόνα αλλάζει με τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για θερμική μόνωση στο κέλυφος του κτιρίου. Περισσότερα υλικά απαιτούνται σε ένα υψηλής απόδοσης μονωτικό σύστημα, ενώ την ίδια στιγμή η ενέργεια στο στάδιο χρήσης συνεχώς μειώνεται. Έτσι, οι σχετικές επιπτώσεις μεταξύ της ενέργειας για την παραγωγή των υλικών σε σχέση με αυτήν που καταναλώνεται στο στάδιο χρήσης τους, συνεχώς αλλάζουν. Για αυτούς τους λόγους, έχει δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών, και εν συνεχεία στις δυνατότητές τους όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση. Επίσης, όταν διερευνώνται και άλλοι περιβαλλοντικοί δείκτες πέρα από την ενέργεια στο στάδιο της χρήσης, όπως το ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, η ρύπανση, τα απόβλητα, η υγεία και η βιοποικιλότητα, βλέπουμε ότι τα υλικά είναι υπεύθυνα για μεγάλα περιβαλλοντικά φορτία. Αυτό, με τη σειρά του, θα επικεντρώσει το ενδιαφέρον στις διαδικασίες παραγωγής [8].

Στο πλαίσιο των βιώσιμων πόλεων και των διάφορων άλλων ευρωπαϊκών εκστρατειών για το κλίμα, το περιβάλλον και τον περιορισμό της ενεργειακής σπατάλης (Local Agenda 21, Πράσινη Βίβλος, Λευκή Βίβλος, κ.α.) κρίνεται αναγκαία η εξοικονόμηση ενέργειας και στον κτιριακό τομέα και ιδιαίτερα στις κατοικίες. Η αειφόρος (βιώσιμη) ανάπτυξη (sustainable development) έχει στόχο την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, με τρόπο ώστε να καλύπτονται οι ανθρώπινες ανάγκες του παρόντος, ενώ ταυτόχρονα να μην υπονομεύεται η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος. Με άξονα τη συλλογιστική αυτή, σήμερα αναπτύσσονται κριτήρια με τα οποία το κτήριο, στο σύνολό του, να είναι φιλικό προς το περιβάλλον και να εκφράζει τον κοινό τόπο των αντιλήψεων που αναφέρθηκαν. Στην προσπάθεια επίτευξης της αειφορίας συμμετέχει ο σχεδιασμός του κτηρίου, η θερμική συμπεριφορά του κτηρίου, η αξιοποίηση των φυσικών πόρων, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και φυσικά τα υλικά του κτηρίου. Είναι λοιπόν φανερό πως η παρέμβαση στον κτιριακό τομέα και ο συνυπολογισμός του περιβαλλοντικού κριτηρίου στη λήψη αποφάσεων δεν αποτελεί απλώς μία σύγχρονη τάση αλλά μία αναγκαιότητα.

Οι μεθοδολογίες και τα περιβαλλοντικά εργαλεία για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής επίδοσης των προϊόντων επεκτάθηκαν και στον τομέα των κατασκευών. Οι κατασκευές αποτελούν

συστήματα διεργασιών που σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους από το σχεδιασμό και την κατασκευή μέχρι τη λειτουργία και την αποδόμησή τους συνδέονται με τη χρήση ενέργειας, φυσικών πόρων και υλικών.

Μία σημαντική κατηγορία δομικών υλικών, η οποία συνδέεται με την εξοικονόμηση ενέργειας γι' αυτό και εξετάζεται σε αυτή την εργασία, είναι τα θερμομονωτικά υλικά. Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους από πλευράς δομικής φυσικής και έχουν ως προορισμό τους να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, με στόχο τη μείωση τόσο των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο, όσο και της θερμικής προσόδου κατά τη περίοδο δροσισμού [9].

Στο διάστημα των τελευταίων δεκαετιών εμφανίζεται σ' όλο τον κόσμο μία διαρκώς επεκτεινόμενη και επιταχυνόμενη κίνηση στο πεδίο της έρευνας και της εφαρμογής 'καθαρών' οικοδομικών τεχνολογιών. Η έρευνα αυτή περιλαμβάνει την επανεξέταση της καταλληλότητας των οικοδομικών υλικών με στόχο τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνεπειών της χρήσης τους και τον εντοπισμό των παθογόνων χαρακτηριστικών τους. Περιλαμβάνει επίσης τον επανακαθορισμό οικοδομικών αρχών και κανόνων που αποσκοπούν στην εξυγίανση της κατασκευής, επεκτείνεται στο πειραματισμό με υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης και επαναφέρει με σύγχρονους τεχνολογικούς όρους παραδοσιακά καταξιωμένα οικοδομικά υλικά που έχουν εκτοπιστεί, όπως το ξύλο και ο πηλός.

Η εργασία έχει ως στόχο να προσδιορίσει και να ποσοτικοποιήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός συνθετικού και ενός φυσικού μονωτικού υλικού με τη χρήση της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα της σειράς ISO 14040. Κάθε ενδιάμεσο στάδιο του κύκλου ζωής θα εξεταστεί, από τις πρώτες ύλες και την παρασκευή των υλικών, τη συσκευασία, μεταφορά, χρήση και τέλος την τελική διάθεση. Τέλος, θα γίνει σύγκριση και περιβαλλοντική αξιολόγηση των δύο μονωτικών υλικών κατά την εφαρμογή τους σε Σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης σε εξωτερικά φέροντα στοιχεία κτιρίου σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

### Βιβλιογραφική επισκόπηση

Οι Balaras et al. [10] μελέτησαν το ευρωπαϊκό κτιριακό απόθεμα, δίνοντας έμφαση στο ελληνικό. Εργάστηκαν στην ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον καθορισμό των μέτρων που οδηγούν στη μεγαλύτερη διατήρηση ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον ελληνικό κτιριακό τομέα. Κατέληξαν στο ότι η μόνωση των εξωτερικών τοίχων (33-60% εξοικονόμηση ενέργειας), η στεγανοποίηση των ανοιγμάτων (16-21% εξοικονόμηση ενέργειας), η εγκατάσταση διπλών τζαμιών

(14-20%), η τακτική συντήρηση της κεντρικής θέρμανσης (10- 12%) και η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγή ζεστού νερού (50-80%) είναι τα πιο αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον ελληνικό κτιριακό τομέα.

Οι Koroneos και Dompros [11] ανέλυσαν τα διάφορα στάδια κατά την παραγωγή τούβλων, καθώς και τα υλικά και την ενέργεια που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο. Σκοπός της μελέτης τους ήταν ο προσδιορισμός «θερμών-σημείων», δηλαδή των σημείων κατά τον κύκλο ζωής που είναι πολύ σημαντικά στη συνολική περιβαλλοντική επίπτωση. Οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τη λειτουργία της βιομηχανίας τούβλων είναι οι εκπομπές αέριων ρύπων από τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Σύμφωνα με τους Assefa et al. [12], την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί στον κτιριακό τομέα δύο κατηγορίες εργαλείων περιβαλλοντικής αξιολόγησης. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα εργαλεία εκείνα που βασίζονται σε ένα σύστημα κριτηρίων. Στα εργαλεία αυτά δίδεται ένας βαθμός σε έναν αριθμό καθορισμένων κριτηρίων σε μια κλίμακα που κυμαίνεται από τη μικρή μέχρι τη μεγάλη περιβαλλοντική επίπτωση. Παραδείγματα σε αυτή την κατηγορία είναι τα εργαλεία BREEAM (Αγγλία), GBTool (Καναδάς), LEED (Η.Π.Α.), EcoProfile (Νορβηγία) και Environmental Status (Σουηδία). Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα εργαλεία εκείνα που ακολουθούν τη μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής. Τα περισσότερα από τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται στο στάδιο του σχεδιασμού για την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών σεναρίων και κατάλληλων υλικών. Το πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι η ικανότητα υπολογισμού των συνεπειών συγκεκριμένων συνδυασμών κτιριακών υλικών, σχεδίων και επιλογών. Παραδείγματα εργαλείων σε αυτή την κατηγορία είναι τα Bees (Η.Π.Α.), Beat (Δανία), Envest (Αγγλία), ATHENA (Καναδάς), EcoQuantum (Ολλανδία), Team (Γαλλία), Equer (Γαλλία) και KCLEco (Φιλανδία).

Οι Colomba et al.[13] δημιούργησαν ένα μεθοδολογικό μονοπάτι προσανατολισμένο σε αρχιτέκτονες που καλούνται να αντιμετωπίσουν ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα του υπάρχοντος κτισμένου περιβάλλοντος: την ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων που χτίστηκαν τη δεκαετία του '60 και '70. Με μελέτη εφαρμογής ένα σχολείο στη περιοχή της Μπολόνια εξέτασαν με την μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής διάφορες εναλλακτικές για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Συγκρίθηκαν συνολικά 3 διαφορεές κατασκευαστικές μέθοδοι, 2 τύποι τούβλου και 5 μονωτικά υλικά, με λειτουργική μονάδα το 1 τ.μ. εξωτερικής τοιχοποιίας για 20 χρόνια. Η ανάλυση επιβεβαίωσε την σκοπιμότητα και την αναγκαίότητα των ενεργειακών μετατροπών σε κτίρια, τόσο από περιβαλλοντική όσο κι από οικονομική πλευρά και ανέδειξε την

καταλληλότητα της AKZ για ορθές και υπεύθυνες επιλογές στα πλαίσια της ενεργειακής αναβάθμισης.

Η μελέτη των Safouri et al [14], εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρεμβάσεων που υλοποιούνται σε ένα κτίριο, όσον αφορά την μόνωση, με στόχο να αυξηθεί η ενεργειακή του τάξη, όπως αυτή προκύπτει από την εφαρμογή της νεοσύστατης ρύθμισης του KENAK. Στο πλαίσιο αυτής της προσέγγισης, ένα απλό κτίριο κατοικίας έχει επιλεγεί. Αυτό το «μοντέλο» κτίριο έχει σχεδιαστεί αρχικά για χαμηλή βαθμολογία στην κατάταξη του KENAK. Στη συνέχεια, λαμβάνονται μια σειρά από μέτρα, όσον αφορά τα υλικά μόνωσης των κτιρίων και το πάχος τους, προκειμένου να ενισχυθεί η απόδοσή του σε ανώτερη τάξη. Για κάθε περίπτωση, αξιολογείται η ενεργειακή απόδοση και επιπλέον πραγματοποιείται μια αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εν λόγω αναβάθμισης. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εναλλακτικών επιλογών που έχουν ως αποτέλεσμα την ίδια τελική κατάταξη, καθώς και τον αντίκτυπο της σταδιακής αύξησης της μόνωσης στο ενεργειακό προφίλ του κτιρίου. Οι Bribian et al. [15] παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μιας συγκριτικής μελέτης AKZ μεταξύ των συνηθέστερων δομικών υλικών και οικολογικών υλικών σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων, τη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας, το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη και τη ζήτηση νερού. Η μελέτη αποδεικνύει ότι οι επιπτώσεις των προϊόντων μπορούν να μειωθούν σημαντικά με την προώθηση βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών και καινοτομιών στις μονάδες παραγωγής. Αυτό θα τονώσει τον ανταγωνισμό μεταξύ των παραγωγών και θα συμβάλει στο να εξελιχθούν πιο αποδοτικά οικολογικά προϊόντα και στο να χρησιμοποιούν την Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων. Οι Schmidt et al.[16], δίνουν απάντηση στο κατά πόσο τα βιολογικά μονωτικά προϊόντα με βάση το λινάρι και το πολτό χαρτιού είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τον πετροβάμβακα που αντιπροσωπεύει περισσότερο παραδοσιακά μονωτικά υλικά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο πολτός χαρτιού έχει τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς του λιναριού τις υψηλότερες, με τον πετροβάμβακα που στο μεταξύ. Μια αξιοσημείωτη εξαίρεση είναι η συνολική χρήση ενέργειας, όπου ο πετροβάμβακας έχει τη χαμηλότερη κατανάλωση που ακολουθείται από κυτταρίνη και το λινάρι.

Η μελέτη των Anastaselos et al. [17] προτείνει ένα εργαλείο αξιολόγησης, το οποίο χρησιμοποιείται για την ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση των επιλύσεων θερμικής μόνωσης. Το εργαλείο περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα αξιολόγησης: δομικά υλικά, επίλυση θερμικής μόνωσης και το κτίριο συνολικά. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης λαμβάνουν τη μορφή ενός απλού συστήματος αξιολόγησης, προκειμένου να επιτραπεί στους χρήστες να εκτελούν ολοκληρωμένες



συγκρίσεις ανάμεσα σε διάφορα οικοδομικά υλικά και λύσεις θερμικής μόνωσης. Το εργαλείο εφαρμόζεται για την περίπτωση της μόνωσης - σάντουιτς με διπλή τοιχοποιία καθώς και για σύνθετο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται σε όλη την Ευρώπη, σε νέες και υφιστάμενες κατασκευές.

Οι Zabalza et al. [18] παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μιας συγκριτικής μελέτης AKZ μεταξύ των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων οικοδομικών υλικών και νέων οικολογικών υλικών. Περιλαμβάνει μια ανάλυση ευαισθησίας των διαφόρων μεθόδων αξιολόγησης των επιπτώσεων και την αξιολόγηση διαφόρων εναλλακτικών λύσεων για το στάδιο της μεταφοράς. Τα αποτελέσματα υπολογίζονται για λειτουργική μονάδα 1 κιλού με τη μέθοδο του eco-indicator '99 και παρέχουν κριτήρια για την επιλογή των υλικών που ευνοούν τον οικολογικό σχεδιασμό.

Σύμφωνα με τους Papadopoulos et al. [19] στην αγορά των μονωτικών υλικών κυριαρχούν τα ανόργανα ινώδη και τα οργανικά αφρώδη υλικά. Στην μελέτη αυτή εξετάστηκαν οι κτιριακές περιβαλλοντικές σε σχέση με την επιλογή υλικών μόνωσης. Η παραγωγική διαδικασία του ορυκτοβάμβακα και της εξηλασμένης πολυστερίνης καταχωρήθηκε και αξιολογήθηκε με εφαρμογή της AKZ, η οποία υποστηρίχθηκε από το μοντέλο GEMIS. Η λειτουργική μονάδα των υλικών βασίστηκε στην ανάγκη για U-value  $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Τα αποτελέσματα που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν για να ορίσουν τους δείκτες απόδοσης λειτουργίας και περιβαλλοντικών δεδομένων και για την υλοποίηση της αξιολόγησης περιβαλλοντικής απόδοσης για τα δύο υλικά.

Οι Lucas et al. [20] παρουσιάζουν μια περιβαλλοντική και οικονομική συγκριτική αξιολόγηση μόνωσης εστιάζοντας στην επιλογή των μονωτικών υλικών. Εκτιμήθηκε ένα σύνολο αρχών για την βιώσιμη επιλογή των υλικών και στη συνέχεια μια αξιολόγηση εφαρμόστηκε ανάμεσα σε μία παραδοσιακή μονωμένη τοιχοποιία και σε ένα σύνθετο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης με χρήση φυσικών και συνθετικών υλικών (εξηλασμένη πολυστερίνη και μόνωση από φελλό) για την κατανάλωση ενέργειας, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το κύριο κόστος ή όφελος. Το αποτέλεσμα, με τη μορφή ενός συστήματος βαθμολογίας, δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης για την επιλογή μονωτικών υλικών και συμπεραίνει την συνεισφορά της μαζικής παραγωγής στην μείωση του κόστους στην περίπτωση της μόνωσης με φυσικά υλικά.

Από τις μελέτες προέκυψε ότι η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον δομικών υλικών, και όταν λέμε φιλικών εννοούμε με λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον κύκλο ζωής τους, μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> μέχρι και σε ποσοστό 30% στη φάση της κατασκευής του κτιρίου [21]. Επίσης, ενδιαφέρον έχει και ο προσδιορισμός της ενσωματωμένης ενέργειας των δομικών υλικών [22]. Γενικά, η χρήση των δομικών υλικών επηρεάζει τόσο την τελική κατανάλωση ενέργειας των

κτιρίων, όσο και το δυναμικό ανακύκλωσης του κτιρίου στο στάδιο της τελικής διάθεσης [3].

Στο επόμενο κεφάλαιο, αναλύονται διάφορα χαρακτηριστικά των σημαντικότερων

θερμομονωτικών υλικών καθώς και η συμμετοχή τους τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην εγχώρια αγορά.

## 2. Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των κτιριακών εφαρμογών, γεγονός που επιβάλλεται και από τη νομοθεσία θερμομόνωσης. Η γενικότερη ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας και ο περιορισμός της εξάρτησης από το πετρέλαιο έχει οδηγήσει στη χρήση θερμομονωτικών υλικών και σε βιομηχανικές εφαρμογές αλλά και σε εφαρμογές με ιδιαίτερες απαιτήσεις, όπως δεξαμενές υγρού οξυγόνου, διαστημικές εφαρμογές κ.ά. [23].

Τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας στα οποία στοχεύει η ευρωπαϊκή οδηγία που ενσωματώθηκε πρόσφατα με μεγάλη καθυστέρηση στο ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο, μπορούν κάλλιστα να επιτευχθούν με την καλή μόνωση και ανανέωση του μηχανολογικού εξοπλισμού του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος. Αυτή η προοπτική δεν είναι καθόλου αμελητέα, αφήνει όμως έξω από την κουβέντα (ή δεν εντάσσει με εξίσου επιτακτικό τρόπο) μια άλλη, εξίσου κρίσιμη, διάσταση του οικολογικού σχεδιασμού που αφορά τα υλικά κατασκευής και συγκεκριμένα τις καθαρές τεχνολογίες δόμησης. Μια προσέγγιση που θέτει υπό αμφισβήτηση την αλόγιστη και συνεχή ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής χημικών προϊόντων και υψηλής τεχνολογίας στο όνομα της εξοικονόμησης ενέργειας χωρίς να λαμβάνονται υπόψη ζητήματα κατασπατάλησης των φυσικών πόρων, της χημικής ρύπανσης, αλλά και της υγιεινής των κτιρίων.

Το πόσο περιβαλλοντικά φιλικό είναι ένα υλικό έχει να κάνει με μία σειρά από παραμέτρους και σε κάθε περίπτωση τα τοπικά δεδομένα (τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικο-οικονομικά) είναι καθοριστικά. Υπάρχουν κάποια κριτήρια που αν τα λάβουμε υπόψη μπορούμε να ορίσουμε ποια υλικά είναι καταλληλότερα από περιβαλλοντική άποψη για τον κάθε τόπο.

Το πρώτο κριτήριο έχει να κάνει με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που προκύπτουν από την εξόρυξη του υλικού ή της πρώτης ύλης για την παραγωγή του καθώς και από την επεξεργασία του υλικού. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι πολλαπλές κάθε φορά, σχετίζονται με την ρύπανση και την μόλυνση που προξενούν στην ατμόσφαιρα, το έδαφος το υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα, τις ποσότητες σπάνιων ή αναντικατάστατων φυσικών πόρων που απορροφούν, τις ποσότητες των μη αφομοιώσιμων, μη ανακυκλώσιμων ή τοξικών οικοδομικών απορριμμάτων που παράγουν και τέλος τις επιπτώσεις στο φυσικό τοπίο.

Το δεύτερο κριτήριο αφορά την συνολική εμπεριεχόμενη (ή αλλιώς γκρίζα) ενέργεια του υλικού, δηλαδή την ενέργεια που απαιτείται για την αποκομιδή, μεταφορά και επεξεργασία του. Το αλουμίνιο για παράδειγμα που είναι ένα πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό απαιτεί τεράστια ποσά

ενέργειας κατά την κατεργασία και την επεξεργασία του. Η μεταφορά ενός εξαιρετικά οικολογικού υλικού από την άλλη άκρη του κόσμου έχει τελικά αρνητικό ενεργειακό (και οικονομικό) ισοζύγιο. Ένα τρίτο κριτήριο έχει να κάνει με την έκλυση βλαβερών για την υγεία ρύπων (όπως η φορμαλδεΐδη) και τις τοξικές επιδράσεις που ασκούν, τόσο κατά την χρήση τους αλλά και κατά την καύση τους ή καταστροφή τους. Τέλος, πολύ σημαντικά είναι ο αναμενόμενος χρόνος ζωής ενός υλικού και η δυνατότητα επανάχρησης, ανακύκλωσης ή επιστροφής των πρώτων υλών στο φυσικό έδαφος με τις μικρότερες δυνατές απώλειες.

Ένας τομέας στον οποίο στηρίζεται κατά πολύ η σύγχρονη τεχνολογία δόμησης είναι η χημική βιομηχανία, που με την επεξεργασία της μοριακής δομής των υδρογονανθράκων πετρελαίου δημιούργησε νέες πρώτες ύλες (με χαμηλό κόστος και εξαιρετικές ιδιότητες) τα συνθετικά πολυμερή. Η χημική ρύπανση που προκαλείται, όμως, παράλληλα με την ανάπτυξη αυτού του τομέα έχει σαφώς συμβάλει στην περιβαλλοντική υποβάθμιση και την κλιματική αλλαγή, καθώς τα χημικά προϊόντα έχουν αποδεδειγμένα καταστροφικές επιδράσεις τόσο στον τόπο παραγωγής τους όσο και κατά την χρήση τους [24].

Το ζήτημα της μόνωσης είναι κρίσιμο και αρκετά περίπλοκο. Η σωστή μόνωση του κελύφους είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου από την άλλη όμως τα περισσότερα μονωτικά και στεγνωτικά υλικά είναι τα κατεξοχήν υλικά που παράγονται από την χημική βιομηχανία. Σήμερα, ο μελετητής μηχανικός έχει στη διάθεσή του πληθώρα υλικών γεγονός που του δίνει τη δυνατότητα να επιλέξει το καταλληλότερο για την υπό μελέτη εφαρμογή – είτε κτιριακή, είτε βιομηχανική – λαμβάνοντας υπ' όψη του μια σειρά παραμέτρων όπως:

θερμομονωτικές απαιτήσεις, θερμοκρασίες λειτουργίας, επίπεδα υγρασίας, κόστος και αισθητική.

Επομένως, για να χαρακτηριστεί κάποιο υλικό κρίνεται απαραίτητη η πολύπλευρη εξέταση του και όχι η επικέντρωση του ενδιαφέροντος σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του. Δηλαδή, είναι εσφαλμένη η αντίληψη, πως ένα θερμομονωτικό υλικό είναι «καλό» επειδή έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Αρχικά, δινόταν βάση στις φυσικές ιδιότητες καθώς και στις δυνατότητες εφαρμογής. Στη συνέχεια προστέθηκε μία νέα ομάδα χαρακτηριστικών, που σχετίζονται με την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων (τόσο κατά την παραγωγή, όσο και κατά την τοποθέτηση) και των χρηστών της, καθώς και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υλικού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο αμιάντος, ο οποίος ενώ είχε άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες και μεγάλο εύρος εφαρμογών, απαγορεύτηκε όταν αποδείχτηκε πως η χρήση του σχετίζεται με καρκινογένεση.

Η εκτόξευση της τιμής του πετρελαίου οδήγησε τη σύγχρονη αγορά στην εκμετάλλευση κάθε

δυνατού τρόπου εξοικονόμησης ενέργειας με αποτέλεσμα να προωθηθεί η έρευνα των θερμομονωτικών υλικών σε μεγάλο βάθος. Πλέον, δεν λαμβάνεται υπ' όψη μόνο η ενέργεια που εξοικονομείται με τη χρήση του υλικού, αλλά και η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή, τη μεταφορά και την τοποθέτηση του, γνωστή και ως περιεχόμενη ενέργεια. Σε μερικές περιπτώσεις, όπου η διάρκεια ζωής είναι περιορισμένη (όπως στις βιομηχανικές εφαρμογές), εκτιμάται και η ενέργεια για τη διαχείριση του ως απόβλητο ή οι δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας από αυτό. Όσον αφορά στις περιβαλλοντικές ιδιότητες αρχικά το ενδιαφέρον εστιάζοταν στη διαχείριση του υλικού μετά το πέρας της διάρκειας ζωής του και «οικολογικό» χαρακτηριζόταν ένα υλικό που ήταν βιο-διασπώμενο ή ανακυκλώσιμο. Είναι σαφές ότι τα κριτήρια επιλογής των υλικών οικολογικής δόμησης είναι πολυδιάστατα και ότι κατά την επιλογή μπορεί να βρεθούμε μπροστά σε διλήμματα σχετικά με το πιο κριτήριο είναι πιο σημαντικό.

## 2.1 Βασικά χαρακτηριστικά θερμομονωτικών υλικών

Σύμφωνα με τον Papadopoulos [25], οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες. Στις φυσικές, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες, στις περιβαλλοντικές, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού και σε αυτές που σχετίζονται με τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Σε ότι αφορά στις φυσικές ιδιότητες αυτές καθορίζονται και πιστοποιούνται βάσει προτύπων (ΕΛΟΤ, 1997; ΕΛΟΤ, 1998; ΕΛΟΤ, 2001; ΕΛΟΤ, 2007; ΕΛΟΤ, 2009α; ΕΛΟΤ, 2009β; ΕΛΟΤ, 2009γ; ΕΛΟΤ, 2009δ). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών προσδιορίζονται με την εφαρμογή διαφόρων εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης όπως για παράδειγμα την εφαρμογή της μεθοδολογίας της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) κατά ISO 14040-43 (ISO, 1998; ISO, 2000a; ISO, 2000b; ISO, 2006). Τέλος, η τρίτη κατηγορία αναφέρεται στις επιπτώσεις που προκαλούνται στη δημόσια υγεία κατά τη διάρκεια της παραγωγής, της χρήσης, της καθαίρεσης και της τελικής διαχείρισης των θερμομονωτικών υλικών. Η σκόνη, οι εκπομπές ινών και η εισπνοή τους από τον άνθρωπο, η τοξικότητα σε περίπτωση φωτιάς, κ.τ.λ. είναι μερικά από τα επιμέρους μεγέθη τα οποία περιλαμβάνονται στην κατηγορία αυτή.

Οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα υλικό και λαμβάνονται υπ' όψη πριν την εφαρμογή του είναι:

- Η θερμομονωτική του ικανότητα
- Το εύρος των θερμοκρασιών στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί
- Η αντοχή του στην υγρασία

- Η αντοχή του στη φωτιά
- Η ηχομονωτική του ικανότητα

Κάθε ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά εκφράζεται με τα αντίστοιχα μεγέθη, που μετρώνται σύμφωνα με συγκεκριμένους κανονισμούς προτύπων και έχουν καθιερωθεί από σχετικούς οργανισμούς, όπως A.S.T.M. και D.I.N. Τα μεγέθη που εκφράζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι, σε αντιστοιχία:

1. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  εκφράζει το πόσο εύκολα διαπερνά η θερμότητα το υλικό. Όσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής, τόσο μεγαλύτερη η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Εκφράζεται σε μονάδες  $W/(mK)$  και δείχνει τι ποσό θερμικής ενέργειας (σε Watt) διαπερνά ένα μέτρο πάχους του υλικού όταν η θερμοκρασιακή διαφορά είναι  $1K$ .
2. Η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας εκφράζουν τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται ανεπαίσθητα, το υλικό δηλαδή διατηρεί τη θερμομονωτική του ικανότητα. Τα όρια δίνονται σε βαθμούς  $^{\circ}C$  ή  $K$ . Άλλη ιδιότητα σχετική με τις θερμοκρασίες εφαρμογής είναι και η θερμοκρασία τήξης (προφανώς σε  $^{\circ}C$  ή  $K$ ). Βέβαια, η θερμοκρασία τήξης είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (το υλικό έχει ήδη αχρηστευτεί εφόσον έχει ξεπεραστεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του), αλλά αναφέρεται γιατί η τήξη του υλικού δημιουργεί πλέον ζητήματα κινδύνου για τους ανθρώπους και το περιβάλλοντα χώρο, στον οποίο εφαρμόζεται.
3. Ο συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών εκφράζει τη δυσκολία με την οποία διαχέονται υδρατμοί δια μέσου της μάζας του υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσω της μάζας του υλικού. Πρόκειται για αδιάστατο μέγεθος. Άλλο σχετικό μέγεθος είναι η ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.
4. Η πυραντοχή του υλικού προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 και C3. Συνοπτικά, τα υλικά των κατηγοριών A1 και A2 δεν παρουσιάζουν καμία ανάφλεξη, τα υλικά των κατηγοριών A3 και B1 αντιστέκονται στη φωτιά και τέλος, τα υλικά των κατηγοριών B2 και κάτω δεν αντιστέκονται στη φωτιά ή ακόμη είναι εύφλεκτα.

5. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο καλύτερη είναι η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

Μονωτικό Υλικό	πυκνότητα ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	συντελεστής θερμικής Αγωγιμότητας λ (U) [W/mK]	Ωφέλιμη διάρκεια Ζωής [χρόνια]
Ξυλόμαλλο	360 – 570	0,09	75-100
Διογκωμένη πολυστερίνη	15 – 30	0,04	50
Εξηλασμένη πολυστερίνη	25 – 35	0,028 – 0,032	50
Αφρός πολουρεθάνης	35 – 50	0,030 – 0,035	50
Πετροβάμβακας	30 – 150	0,035 – 0,050	30 - 50
Υαλοβάμβακας	18 – 40	0,035 – 0,050	30 - 50

Πίνακας 1: Ιδιότητες των πιο γνωστών μονωτικών υλικών

Τα κρισιμότερα μεγέθη που πιστοποιούν την περιβαλλοντική φύση του υλικού είναι:

1. Η περιεχόμενη ενέργεια: Είναι η χρησιμοποιούμενη ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή μονάδας μάζας του υλικού. Περιλαμβάνει την ενέργεια για κάθε μια από τις διεργασίες από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι και την τελική τοποθέτηση του υλικού στο κτίριο. Εκφράζεται σε kWh/kg υλικού. Εναλλακτικά, πολλές φορές υπολογίζεται η ανηγμένη στο εμβαδόν περιεχόμενη ενέργεια: Είναι η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή και την τοποθέτηση ποσότητας θερμομονωτικού υλικού, ικανής να μονώσει μια μονάδα επιφάνειας, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος συντελεστής θερμοπερατότητας. Για να βρίσκεται ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου μέσα στα όρια που ορίζει ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, πρέπει ο συντελεστής θερμοπερατότητας του μονωτικού υλικού να είναι περίπου 0,8W/(m<sup>2</sup>K). Επομένως, στους υπολογισμούς που γίνονται στη συνέχεια της εργασίας, θα λαμβάνεται η παραπάνω τιμή.
2. Οι εκπομπές ρύπων στη διάρκεια ζωής του θερμομονωτικού υλικού. Πρόκειται για τους επικίνδυνους ρύπους που εκπέμπονται, κυρίως, κατά την παραγωγή του υλικού. Κυριότεροι θεωρούνται το CO, που είναι τοξικό και το CO<sub>2</sub>, που αποτελεί το βασικότερο θερμοκηπικό αέριο [23].

## 2.2 Ταξινόμηση θερμομονωτικών υλικών

Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τις ιδιότητες των υλικών, τις τεχνολογίες επεξεργασίας τους για την παραγωγή των προϊόντων και την επίδρασή τους στο περιβάλλον είναι η φυσικοχημική

τους σύσταση και η μοριακή τους δομή [24].

Οι παράγοντες αυτοί εμφανίζουν σημαντικές ομοιότητες στα υλικά κοινής προέλευσης.

Κατατάσσοντας λοιπόν τα υλικά σε κατηγορίες ανάλογα με την προέλευσή τους, μπορούμε να εξετάσουμε ευκολότερα τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.

Οι μεγάλες κατηγορίες των υλικών ανάλογα με την προέλευσή τους είναι:

- τα υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης

Πρόκειται για υλικά που παρέχονται από τους κύκλους της χλωρίδας και της πανίδας. Τα κυριότερα υλικά φυτικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται στην οικοδομή είναι το ξύλο και τα προϊόντα του, το χαρτί, ο φελλός, οι φυτικές ίνες (βαμβάκι, γούτα, κέναφ, λινάρι κ.α.), το άχυρο, τα φύκια, το ξυλόμαλλο, τα καλάμια κλπ. Επίσης φυτικής προέλευσης είναι οι περισσότερες φυσικές ρητίνες, κόλλες, κ.ά. - οι οποίες σήμερα έχουν εκτοπιστεί από ανάλογης χρήσης συνθετικά υλικά

- τα υλικά εδάφους και υπεδάφους

Αποσπώνται από το φλοιό της γης και προέρχονται από πετρώματα και μεταλλεύματα. Είναι οι λίθοι, τα αδρανή υλικά και οι κονίες. Από υλικά των πετρωμάτων παράγεται μία σειρά μονωτικών υλικών όπως ορυκτοβάμβακας, πετροβάμβακας, υαλοβάμβακας, περλίτης που η παρασκευή τους στηρίζεται στην εμφύσηση αερίων στη μάζα των υλικών ή στη διόγκωσή τους με την επίδραση θερμότητας. Μία μεγάλη κατηγορία μονωτικών υλικών παρασκευάζεται από την ανάμειξη φυτικών ινών με κονίες.

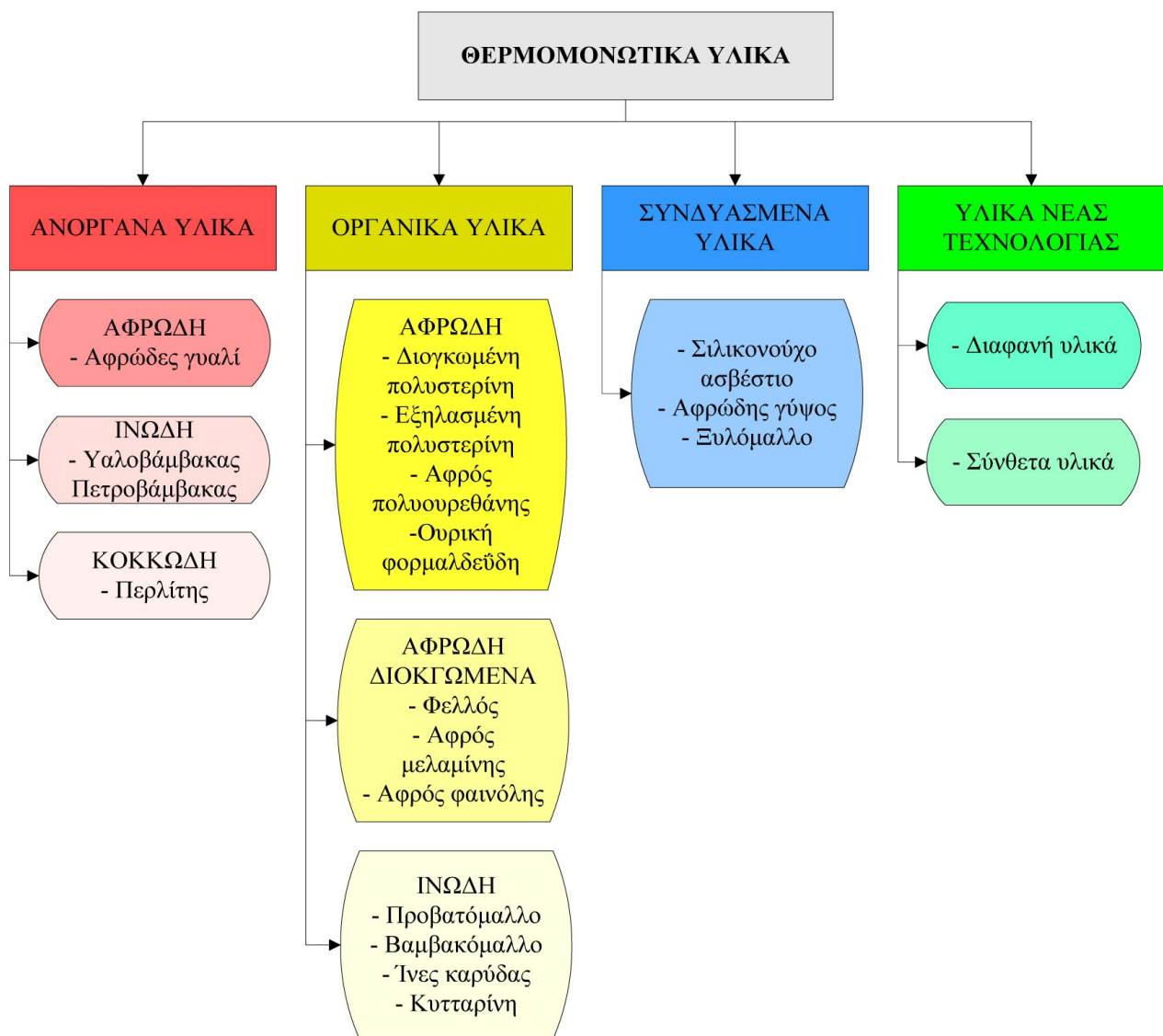
- τα συνθετικά υλικά

Είναι υλικά που παράγονται από τη μετατροπή της φυσικοχημικής σύστασης, σύνθεσης και δομής των φυσικών υλικών, προϊόντα της χημικής τεχνολογίας. Το βασικό συστατικό των συνθετικών πολυμερών είναι το πολυμερές τους, μια χημική ένωση που αποτελείται από μεγαλομόριο ή μακρομόριο, τα οποία προέκυψαν μέσω χημικών αντιδράσεων (πολυμερισμός, συμπύκνωση) από μικρά απλά μόρια μιας ή περισσότερων χημικών ενώσεων, των μονομερών. Η σύγχρονη χημική τεχνολογία έχει, ως κύρια δραστηριότητά της, την παραγωγή συνθετικών πολυμερών, χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη κυρίως του υδρογονάνθρακες του πετρελαίου και είναι άρρηκτα δεμένη με τη βιομηχανία των πετροχημικών. Σχεδόν όλα τα εμπορικά πλαστικά βασίζονται σε ορυκτούς πόρους οι οποίοι είναι πολύ περιορισμένοι [26].

Τα θερμομονωτικά υλικά μπορεί να ταξινομηθούν είτε με βάση τη χημική σύνθεση των συστατικών

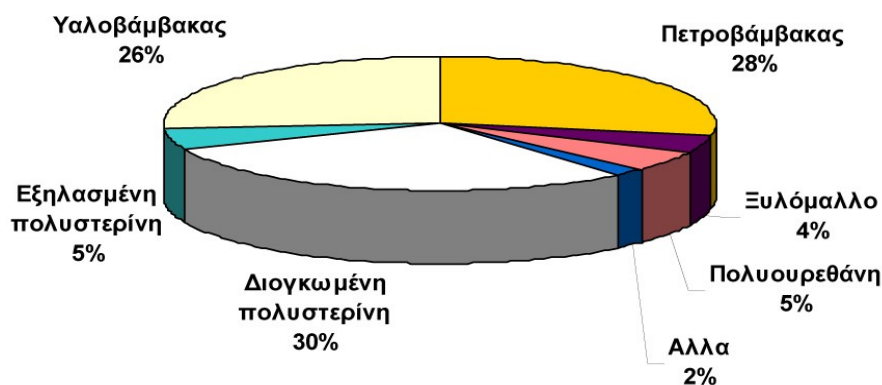


τους είτε με βάση την πρώτη ύλη των χρησιμοποιούμενων υλικών είτε με βάση τη δομή τους [9]. Στην πρώτη περίπτωση διακρίνονται σε οργανικά, ανόργανα ή σύνθετα, που περιέχουν τόσο οργανικές όσο και ανόργανες ενώσεις. Στη δεύτερη περίπτωση διακρίνονται σε ορυκτά υλικά (όπως η άμμος, ο βασάλτης, ο βωξίτης, ο δολομίτης και το γυαλί), σε πετροχημικές πρώτες ύλες (όπως το στυρόλιο, η ουρεθάνη και η φορμαλδεΐδη) και σε οργανικά φυσικά υλικά (όπως ο φελλός, το ξύλο, οι φυτικές ίνες, η κυτταρίνη, το μαλλί). Τέλος, στην τρίτη περίπτωση χωρίζονται στα αφρώδη, στα οποία ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων, καθώς και στα ινώδη, στα οποία ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους. Στο σχήμα απεικονίζεται η κατηγοριοποίηση των γνωστότερων θερμομονωτικών υλικών.



Σχήμα 1: Ταξινόμηση των γνωστότερων θερμομονωτικών υλικών [19]

Στην κατηγορία των ανόργανων ινώδων θερμομονωτικών υλικών, ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας είναι τα δύο υλικά, τα οποία κυριαρχούν στην ευρωπαϊκή αγορά. Στη κατηγορία των οργανικών αφρώδων θερμομονωτικών υλικών, τρία είναι τα κυριότερα υλικά τα οποία απαντώνται τόσο σε ευρωπαϊκό, όσο και σε εγχώριο επίπεδο. Η διογκωμένη πολυστερίνη, η εξηλασμένη πολυστερίνη καθώς και ο αφρός πολυουρεθάνης [27].



Σχήμα 2: Η αγορά θερμομονωτικών υλικών στην Ε.Ε.[16]

Σύμφωνα με στοιχεία του Πανευρωπαϊκού Συμβουλίου Παραγωγών Δομικών Υλικών CERPMC ([www.cerpmc.org](http://www.cerpmc.org)) και του Πανευρωπαϊκού Συνδέσμου Παραγωγών ETICS ([www.ea-etics.eu](http://www.ea-etics.eu)), το 80 - 85% των εφαρμογών εξωτερικής θερμομόνωσης κατασκευάζονται με διογκωμένη πολυστερίνη EPS, το 12 - 15% με θερμομονωτικά ορυκτών ινών (κυρίως στις Σκανδιναβικές χώρες) και το 2 - 5% με όλα τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά.

### 2.3 Η ελληνική αγορά

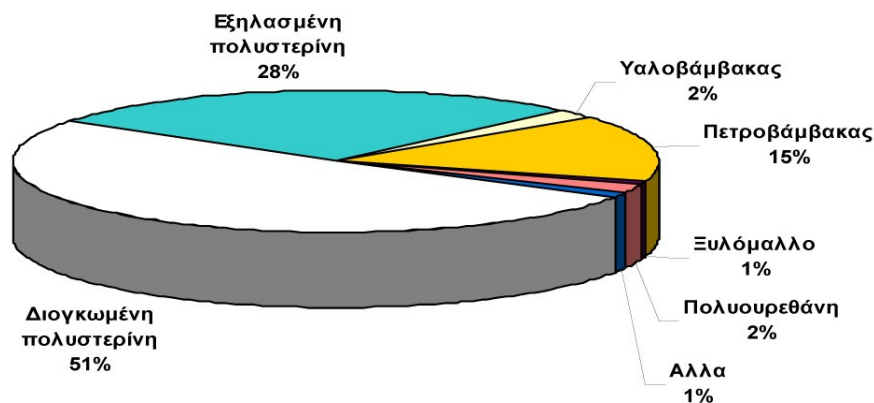
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται αφρώδεις μονώσεις εξηλασμένης και διογκωμένης πολυστερίνης καθώς και αφρός πολυουρεθάνης, υλικά που προέρχονται από μη ανανεώσιμες πηγές (υδρογονάνθρακες), είναι εξαιρετικά τοξικά (τόσο κατά την παραγωγή όσο και κατά την χρήση αλλά και την καύση τους), δεν ανακυκλώνονται και τέλος δεν επιτρέπουν την αναπνοή του κτιρίου (βασική παράμετρος για την υγιεινή των εσωτερικών χώρων και την εξισορρόπηση της υγρασίας). Συγκεκριμένα, το 80% των εταιρειών που παράγουν και εφαρμόζουν Συστήματα Εξωτερικής Θερμομόνωσης χρησιμοποιούν τη διογκωμένη πολυστερίνη και είναι τα μόνα (με ελάχιστες εξαιρέσεις) στην κατηγορία "αφρώδη μονωτικά" που φέρουν Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση (ETA)

και σήμανση CE [28].

Ο υαλοβάμβακας ή ο πετροβάμβακας οι οποίοι επίσης συναντώνται στην ελληνική αγορά, παράγονται από φυσικές ορυκτές ίνες, είναι ανακυκλώσιμες και διαπερατές. Το μειονέκτημά τους είναι ότι απελευθερώνουν ίνες που θεωρούνται επιβλαβείς για την υγεία, γι' αυτό θέλει προσοχή κατά την τοποθέτηση και καλό εγκλωβισμό στα δομικά στοιχεία της κατασκευής.

Το ξυλόμαλλο είναι ένα μονωτικό υλικό σε πλάκες που παράγεται από ίνες ξύλου με συνδετικό υλικό το τσιμέντο. Είναι ένα υλικό που μπορεί να βρεθεί στην ελληνική αγορά, δεν έχει χημικές προσμίξεις, δεν απαιτεί πολύ ενέργεια και είναι ανακυκλώσιμο. Παρουσιάζει κάποια προβλήματα στην τοποθέτηση λόγω του σχετικά μεγάλου βάρους.

Τα τελευταία χρόνια εμφανίζονται στην αγορά όλο και περισσότερα δομικά προϊόντα από φυσικές πρώτες ύλες. Υλικά από φελλό, φυτικές και ζωικές ίνες (λινάρι, κλωστική κάνναβη, γιούτα κα), φυσικές ρητίνες και πολυμερή (κυτταρίνη, οι πρωτεΐνες και η ουρία), θεωρούνται φυσικά ανανεώσιμα και πλήρως αποδομήσιμα.





Σχήμα 3: Η αγορά θερμομονωτικών υλικών στην Ελλάδα. [16]

Είναι μια αγορά που δεν είναι ιδιαίτερα (έως καθόλου) ανεπτυγμένη στην Ελλάδα αλλά συναντάμε πάρα πολλές εφαρμογές σε άλλες χώρες. Όπως και στην περίπτωση του ξύλου το ζήτημα της τοπικής παραγωγής και της υπέρμετρης ζήτησης είναι κρίσιμο και απαιτείται πολύ προσεκτική διαχείριση και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε μονωτικά παπλώματα ή ίνες από λινάρωμαλλο, κλωστική κάνναβη, κοκκοφοίνικα, υπολείμματα βαμβακιού και μαλλί πρόβατου, φυτικές ίνες (γιούτας, σιζάλ, κάνναβης) για την στεγάνωση αρμών, μόνωση ή πατώματα από φελλό, μόνωση από διογκωμένο ανακυκλωμένο χαρτί (ouate de cellulose), διογκωμένη (σε

κόκκους) άργιλο.

Η αμφισβήτηση, πόσο μάλλον η αλλαγή, οποιασδήποτε συνήθειας είναι ένας πολύ δύσκολος στόχος, ιδιαίτερα όταν σχετίζεται με χρόνια εδραιωμένες τεχνικές παραγωγής κατοικίας και την ύπαρξη ενός αντίστοιχου κλάδου οικοδομικών υλικών. Ωστόσο, αξίζει να φανταστούμε και έχουμε κάποια δείγματα προς την συνολική «αλλαγή παραδείγματος» στον τομέα της κατασκευής με την ανάπτυξη μιας πράσινης βιομηχανίας υλικών και την ευρεία εφαρμογή τους στην παραγωγή κατοικίας. Ωστόσο, μια τέτοια βιομηχανία πράσινων υλικών δεν θα πρέπει να λειτουργήσει απλά συμπληρωματικά με την υπάρχουσα, απλά "πρασινίζοντας" την εικόνα των βιομηχανιών ή παράγοντας πολύ ακριβά υλικά που θα απευθύνονται σε λίγους. Αντίθετα, η ανάπτυξη μιας πράσινης βιομηχανίας υλικών και η αλλαγή των τρόπων παραγωγής κατοικίας (αλλά και των προτύπων διαβίωσης) είναι ένας κοινωνικός στόχος που απαιτεί την συμμετοχή του δημοσίου και συλλογικών κοινωνικών φορέων, ώστε να αντικαταστήσει τα σημερινά αντιπεριβαλλοντικά μοντέλα.

Στη συνέχεια θα γίνει περιγραφή των δύο μονωτικών υλικών που επιλέχτηκαν για τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, της διογκωμένης πολυστερίνης (EPS) και των πλακών από ξυλόμαλλο (Heraklith). Το κριτήριο της επιλογής ήταν η προέλευση των πρώτων υλών τους και η χρήση τους στην ελληνική αγορά. Από την κατηγορία των συνθετικών μονωτικών υλικών, επιλέχτηκε η διογκωμένη πολυστερίνη, που χρησιμοποιείται στη συντριπτική πλειοψηφία των συμβατικών κατασκευών σήμερα στην Ελλάδα. Από τα φυσικά μονωτικά υλικά, το μοναδικό που ξεχωρίζει στην εγχώρια αγορά είναι το ξυλόμαλλο. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκριτικά τα δύο υλικά και η αξιολόγησή σε συγκεκριμένες παράμετρους [29].

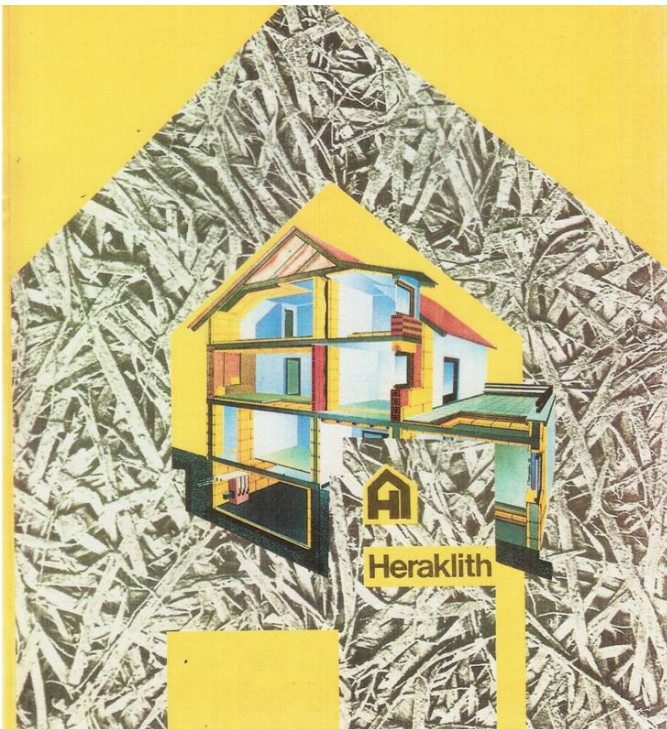
	Θερμική Αντίσταση	αντίσταση σε φωτιά	απορρόφηση Υγρασίας	αντοχή	φέρουσα ικανότητα	ακουστική	περιβάλλον
<b>PLASTIC FOAMS</b>  EPS Expanded Polystyrene	ΚΑΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΚΑΛΗ
<b>WOOD WOOL</b>  Heraklith®	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΒΕΛΤΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ

Πίνακας 2: Συγκριτικά χαρακτηριστικά ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης [18]

## Ξυλόμαλλο

Οι πλάκες ξυλόμαλλου Heraklith συνδυάζουν όλες τις καλές και προστατευτικές ιδιότητες του ξύλου.

Το πρώτο πάνελ ξύλου κατασκευάστηκε με συνδετικό υλικό το μαγνησίτη και αναπτύχθηκε στην Αυστρία στις αρχές του 1900. Το προϊόν αυτό εξακολουθεί να υπάρχει ως σήμερα κυρίως για εφαρμογές σε εσωτερικό χώρο και κατασκευάζεται στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ από τις εταιρείες Heraklith και Tectum, αντίστοιχα. Τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ, αυτά τα χαμηλής πυκνότητας πάνελ (περίπου 400 kg/m<sup>3</sup>) χρησιμοποιούνται συχνά ως μονωτικές πλάκες, λόγω των εξαιρετικών θερμικών και ακουστικών ιδιοτήτων τους. Λίγο αργότερα, εμφανίστηκαν τα πάνελ ξυλόμαλλου με συνδετικό υλικό το τσιμέντο που τα καθιστά πλήρως ανθεκτικά στην υγρασία [30]. Στις αρχές του 2006, η εταιρεία Knauf Insulation αποκτά την Heraklith, ένα σημαντικό κατασκευαστή ξυλόμαλλου (3 παραγωγικές μονάδες) και έναν από τους σημαντικούς παραγωγούς στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη [31] (Σχ.4)



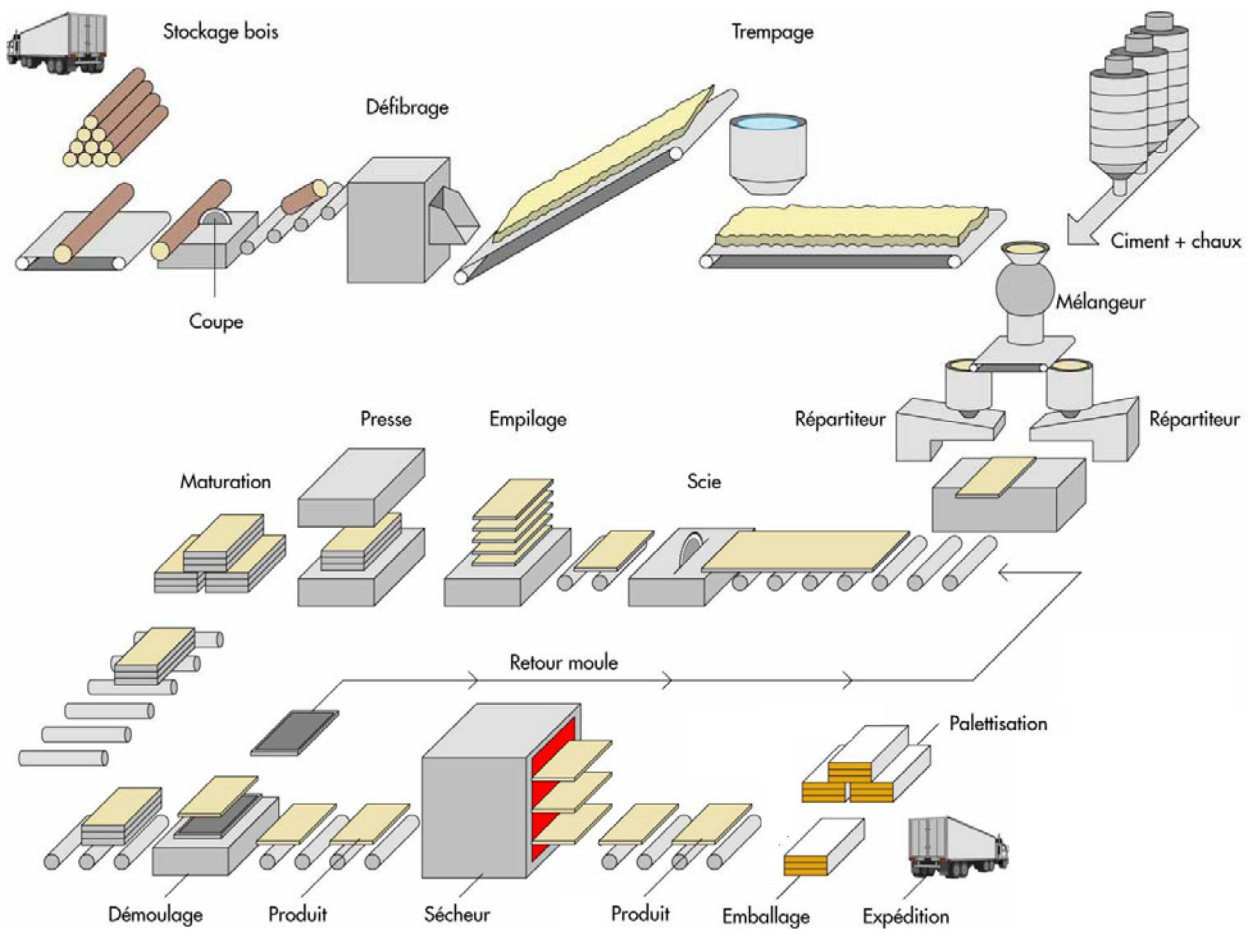
Σχήμα 4: ο οίκος Heraklith [20]



Σχήμα 5: Ξυλόμαλλο [20]

Πρώτες ύλες

Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή των μονωτικών πλακών από ξυλόμαλλο είναι ξυλεία, τσιμέντο Portland, νερό και μια μικρή ποσότητα διαλύματος αλατιού (Σχ.5). Στο βόρειο ημισφαίριο χρησιμοποιούνται κυρίως πεύκα και λεύκες ενώ σε ορισμένες άλλες χώρες ο ευκάλυπτος. Σε γενικές γραμμές το σκληρό ξύλο είναι ακατάλληλο. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται εξίσου το λευκό τσιμέντο και ο μαγνησίτης (καυστικό οξείδιο του μαγνησίου) για συνδετικό υλικό, στην Ελλάδα όμως εισάγεται μονάχα το πάνελ με τσιμέντο. Το διάλυμα άλατος εξαρτάται από το είδος του ξύλου. Συνήθως περιλαμβάνει: πυριτικό νάτριο, χλωριούχο μαγνήσιο, κ.α. [32]



Σχήμα 6: Παραγωγική διαδικασία μονωτικών πλακών ξυλόμαλλου [22]

Διαδικασία παραγωγής

Κατά την παραγωγή των πλακών ξυλόμαλλου, μακριές λεπτές ίνες ξύλου συγκολλούνται με ένα ανόργανο ορυκτό συνδέτη και καταλήγουν σε μορφή ελαφριάς πλάκας με πολλαπλές εφαρμογές. Αρχικά, οι κορμοί ξύλου τεμαχίζονται σε τεμάχια μήκους 50 cm. Αυτά τα κομμάτια μετατρέπονται σε μακρές ίνες ξυλόμαλλου. Οι ίνες ξύλου έχουν μέγεθος από 1 έως 4 χιλιοστά. Στη συνέχεια, το

ξυλόμαλλο, περνάει από διάλυμα αλατιού για να βελτιωθεί η συνένωσή του με το τσιμέντο. Το υγρό ξυλόμαλλο, μαζί με σκόνη τσιμέντου, τροφοδοτείται σε έναν συνεχή αναδευτήρα. Το μίγμα μεταφέρεται στο μηχάνημα διανομής, το οποίο απλώνει ένα συνεχές στρώμα του υλικού σε καλούπια από κόντρα πλακέ. Στη συνέχεια, χωρίζονται από ένα κυκλικό πριόνι, πρεσσάρονται και στοιβάζονται. Οι στοιβές (υπό πίεση) αποθηκεύονται για 24 ώρες για τον σχηματισμό του τσιμέντου [30]. Μετά από αυτό το αρχικό στάδιο, τα καλούπια απομακρύνονται για επαναχρησιμοποίηση και τα πάνελ για περαιτέρω ωρίμανση καθώς και για να συσκευασθούν και να ετοιμαστούν για τη μεταφορά τους [33] (Σχ. 6).

Οι πλάκες ξυλόμαλλου προσφέρουν μηχανική αντοχή, θερμομόνωση, ηχομόνωση/ηχοαπορρόφηση, με εξαιρετική αντίδραση στη φωτιά. Είναι ένα υλικό με βάση το ξύλο, έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες και είναι ανθεκτικό σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας. Κατηγοριοποιείται ως "δύσκολα αναφλέξιμο" (κατηγορία B1-s1-d0, δηλαδή δύσκολα αναφλέξιμο, χωρίς παραγωγή καπνού και χωρίς παραγωγή φλεγόμενων σταγόνων). Έχει μεγάλη αντοχή στη θραύση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Επίσης προσφέρει υδρατμοδιαπερατότητα και έχει εξαιρετική πρόσφυση στο μπετόν και στα επιχρίσματα. Το ξυλόμαλλο θεωρείται οικολογικό ως υλικό, αφενός λόγω της χαμηλής ενέργειας που καταναλώνεται για την παρασκευή του και αφετέρου γιατί αποτελείται από ένα φυσικό υλικό, το ξύλο [31].

## Διογκωμένη πολυστερίνη

Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS – expanded polystyrene) είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως στον οικοδομικό τομέα, κυρίως στις μονώσεις, στις θεμελιώσεις, στην αντισεισμική προστασία, στην οδοποιία και επίσης στη βιομηχανία συσκευασίας.

Παράγεται από τη διάλυση πεντανίου σε ένα υλικό που έχει ως βάση την πολυστερίνη και το οποίο όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες EPS. Η διαστολή επιτυγχάνεται λόγω των μικρών ποσοτήτων πεντανίου αερίου που απελευθερώνονται μέσα στο πολυστυρόλιο κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Το αέριο διαστέλλεται με την ενέργεια της θερμότητας που χρησιμοποιείται σε μορφή ατμού, και σχηματίζει ερμητικά κλειστές κυψέλες EPS. Αυτές οι κυψέλες καταλαμβάνουν περίπου 40 φορές τον όγκο της αρχικής σταγόνας της πολυστερίνης. Στη συνέχεια οι κυψέλες EPS τοποθετούνται μέσα σε κατάλληλες φόρμες (καλούπια) που είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να παράγουν διάφορα προϊόντα όπως μονωτικές σανίδες, πρίσματα, κορνίζες ή σε διάφορες άλλες μορφές για τις κατασκευές και την βιομηχανία συσκευασίας [34].

### Πρώτες ύλες

Το αρχικό προϊόν για την παραγωγή της πολυστερίνης είναι το πολυστυρόλιο. Παρασκευάζεται από τον πολυμερισμό του στυρολίου. Το στυρόλιο είναι αρωματικός υδρογονάνθρακας, υγρός, άχρωμος και ιδιάζουσας οσμής, που παράγεται από βενζόλιο και αιθυλοχλωρίδιο, με καταλύτες χλωριούχο αργίλιο και τριοξείδιο του χρωμίου. Είναι έντονα τοξικό για το νευρικό σύστημα, ύποπτη πρόκλησης καρκίνου και γενετικών ανωμαλιών. Επίσης προκαλεί μέσου βαθμού μόλυνση στα υπόγεια ύδατα [24].

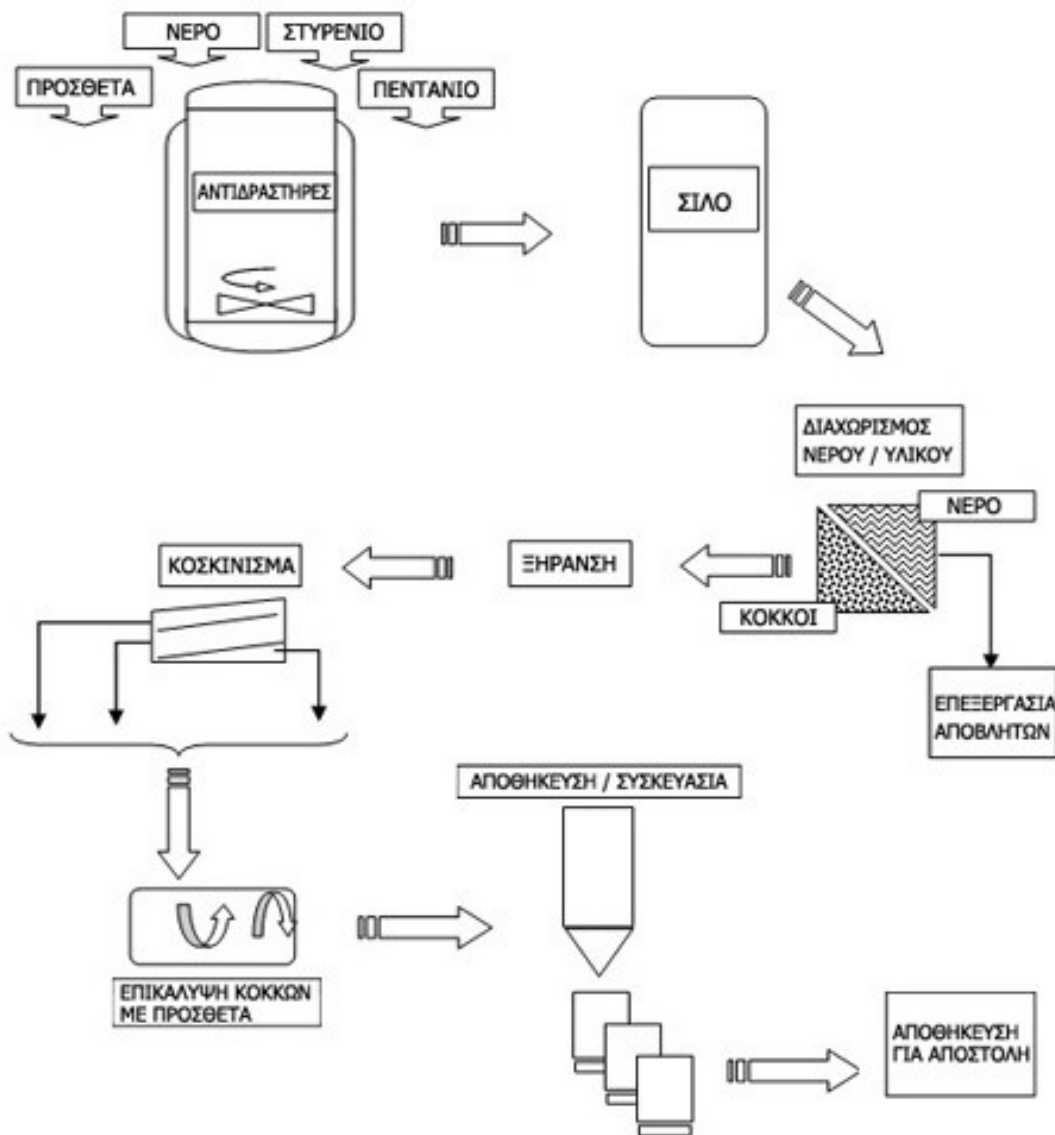
### Παραγωγική διαδικασία

- Διογκώσιμη πολυστερίνη (κόκκοι EPS)

Το EPS είναι ένα πολυμερές του στυρενίου που παράγεται από τον πολυμερισμό μονομερούς στυρενίου και την προσθήκη πεντανίου που χρησιμοποιείται ως διογκωτικός παράγοντας κατά την επεξεργασία. Έχει την μορφή σφαιρικών κόκκων, διατίθεται σε διαφορετικές διαμέτρους, οι οποίες ορίζουν τον κατάλληλο τύπο για την τελική εφαρμογή. Οι τύποι διατίθενται με ή χωρίς βραδυφλεγή πρόσθετα. Το EPS ανήκει στην κατηγορία των πλαστικών και είναι καταχωρημένο ως επικίνδυνο υλικό «κλάση 9» στον κατάλογο των Ηνωμένων Εθνών «Μεταφορά Επικίνδυνων Υλικών – Παραδειγματικές Οδηγίες» [35]. Το EPS παράγεται με την μέθοδο του ασυνεχούς πολυμερισμού σε αιώρημα. Κατά την διαδικασία αυτή, το στυρένιο, οργανικοί απαρχηντές, νερό και πρόσθετα



προστίθενται σε ένα αναδεδόμενο αντιδραστήρα. Έτσι δημιουργείται ένα σύστημα εναιωρήματος που παράγει σταγονίδια στυρενίου. Τα σταγονίδια αυτά πολυμερίζονται με την βοήθεια ελευθέρων ριζών σε πολυστυρένιο. Στην συνέχεια προστίθεται ο διογκωτικός παράγοντας στον αντιδραστήρα. Αυτός απορροφάται μέσα στο πολυμερές και έτσι παράγονται κόκκοι διογκώσιμου πολυστυρενίου. Μετά την μετατροπή των σταγονιδίων μονομερούς στυρενίου σε κόκκους EPS ο αντιδραστήρας ψύχεται. Οι διογκώσιμοι κόκκοι διαχωρίζονται από το νερό στεγνώνονται, κοσκινίζονται και κλασματοποιούνται σε διαφορετικού μεγέθους κόκκους (Σχ.7). Οι διαφορετικοί τύποι EPS επικαλύπτονται στη συνέχεια με κατάλληλα πρόσθετα που εξαρτώνται από το μέγεθος και την εφαρμογή [35].



Σχήμα 7: Διάγραμμα παραγωγής της διογκώσιμης πολυστερίνης (κόκκοι EPS) [24]

- Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS blocks, καλουπωτό EPS)

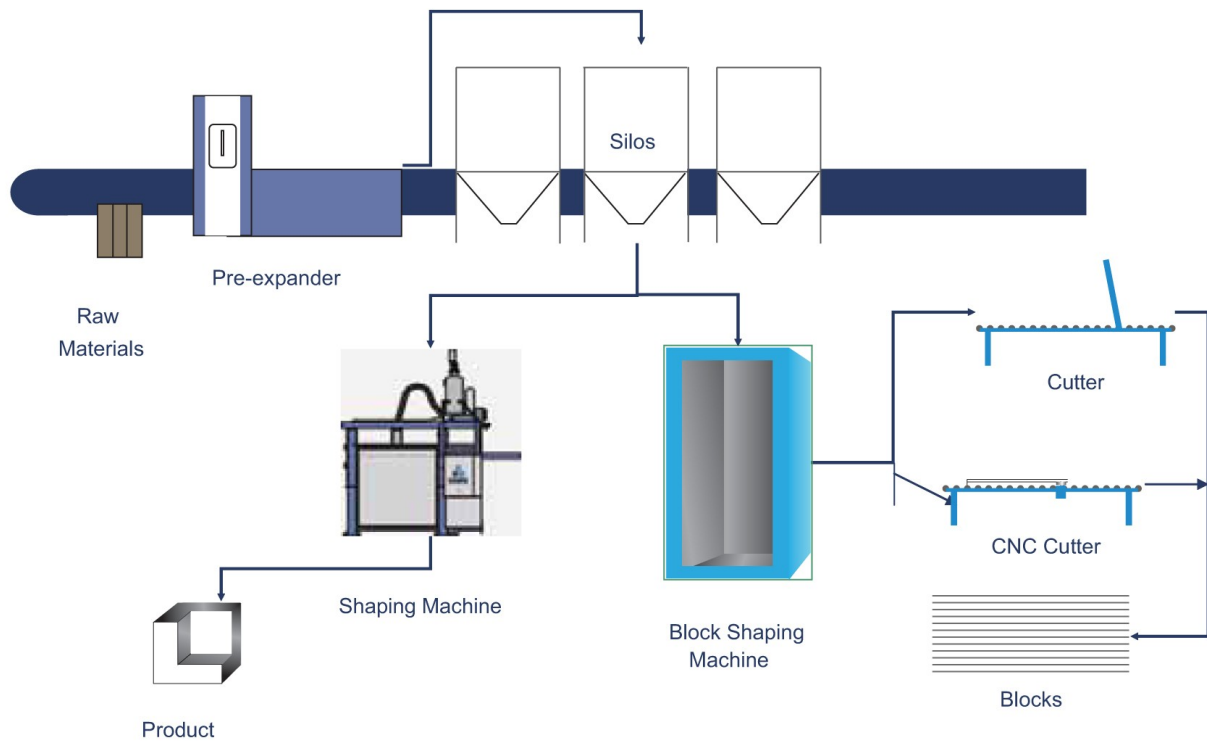
Το διογκώσιμο πολυστυρένιο, που αναλύθηκε παραπάνω, ως πρώτη ύλη μετατρέπεται σε αφρό με προδιογκώση και μορφοποίηση με την χρήση ατμού. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι κυψελωτό πλαστικό με κλειστή πολυεδρική κυτταρική δομή, στην οποία οφείλονται οι πολύ υψηλές μηχανικές ιδιότητες που σε συνδυασμό με την μεγάλη απορροφητικότητα των κραδασμών σε περίπτωση πρόσκρουσης το καθιστά μια πολύ καλή επιλογή ως υλικό συσκευασίας. Η πολύ χαμηλή θερμική αγωγιμότητα σε συνδυασμό με την ευκολία στη κοπή, στη μορφοποίηση και την ελαστικότητα του, το καθιστούν επίσης ένα πολύ καλό και λειτουργικό υλικό για την οικοδομική βιομηχανία [35].

Η επεξεργασία της διογκωμένης πολυστερίνης γίνεται σε πέντε βασικά στάδια [36] (Σχ.8):

- Προδιογκώση : Οι κόκκοι διογκώνονται με την βοήθεια του ατμού σε δοχεία με ανάδευση σε ατμοσφαιρική ή και υψηλότερη πίεση.
- Ωρίμανση : Οι διογκωμένοι κόκκοι παραμένουν σε αεριζόμενα σιλό για να επέλθει η εξισορρόπηση πίεσης, να αποδεσμεύσουν συμπυκνωμένη υγρασία και να μειώσουν την συγκέντρωση του διογκωτικού παράγοντα στην αρχική αναλογία.
- Μορφοποίηση: Οι κόκκοι μορφοποιούνται σε κύβους ή ειδικά σχήματα με την βοήθεια ατμού διαχεόμενου μέσα από διάτρητα αλουμινένια καλούπια.
- Κοπή: Μετά από κατάλληλη αποθηκευτική περίοδο απαραίτητη για ψύξη, μείωση περιεκτικότητας νερού και διαστασιολογική σταθεροποίηση, οι κύβοι κόβονται σε πλάκες ή σε συγκεκριμένα σχήματα με την χρήση θερμαινόμενων συρμάτων. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άλλες εξειδικευμένες τεχνικές όπως η διάτρηση.
- Τελική επεξεργασία : Για την παραγωγή συστημάτων μόνωσης οι πλάκες μπορούν να συγκολληθούν με πλαστικά, μεμβράνες, μέταλλα κτλ.

Τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κατασκευής των πρώτων υλών του EPS (διαστελλόμενη σταγόνα πολυστερίνης) και η μετατροπή τους σε μόνωση EPS, είναι μικρά. Καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μόνωσης EPS, τα κύρια περιβαλλοντικά αποτελέσματα είναι αυτά των ουσιών που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, κυρίως όταν οι πρώτες ύλες του EPS δημιουργούνται και όταν η μονωτική σανίδα παραδίδεται στους χρήστες. Η κυριότερη ουσία είναι το πεντάνιο (χρησιμοποιείται ως μέσον διόγκωσης), που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της μετατροπής των πρώτων υλών σε σανίδα μόνωσης, κι έχει ένα ελάχιστο ενδεχόμενο παγκόσμιας θερμότητας συνεισφέροντας μηδαμινά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [37]. Όταν το EPS εγκατασταθεί σε ένα

κτίριο, τα επίπεδα εκπομπής είναι αμελητέα, εν μέρει εξαιτίας του γεγονότος ότι ο όγκος του αποτελείται από 98% αέρα [34].



Σχήμα 8: Διάγραμμα παραγωγής της διογκωμένης πολυστερίνης [24]

### 3. Εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη αποτελεί προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται και η φιλοσοφία της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων (ΟΠΠ), βάσει της οποίας η ΕΕ αναπτύσσει μέτρα που επηρεάζουν την προσφορά και τη ζήτηση των περιβαλλοντικά ορθών προϊόντων. Οι βασικοί στόχοι της ΟΠΠ για τα προϊόντα είναι [38]:

- Η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής τους, «από την κούνια ως το θάνατο»
- Η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πολιτικών, ώστε να διασφαλίζεται ό,τι τα οφέλη επίτευξης ενός περιβαλλοντικού στόχου βρίσκονται σε ισορροπία με οποιαδήποτε άλλα περιβαλλοντικά κόστη μπορούν να προκύψουν στον κύκλο ζωής του υπό εξέταση προϊόντος ή της υπηρεσίας.
- Η στενή και αποδοτική συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων στο προϊόν ή στην υπηρεσία (από το σχεδιαστή, τον προμηθευτή, τον κατασκευαστή, τον πωλητή και τον καταναλωτή), ώστε να μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τον κύκλο ζωής του υπό μελέτη προϊόντος ή της υπηρεσίας.
- Η ανάπτυξη «πράσινων αγορών» για προϊόντα και υπηρεσίες, εισάγοντας κίνητρα για του παραγωγούς, ώστε να προωθηθούν στοιχεία καινοτομίας στα προϊόντα ή στις υπηρεσίες με έμφαση στη περιβαλλοντική βελτιστοποίηση αλλά και αντίστοιχη ενημέρωση στους καταναλωτές, ώστε να ενισχύουν την «πράσινη αγορά».



Σχήμα 9: Κύκλος ζωής των προϊόντων

Τα περιβαλλοντικά εργαλεία στοχεύουν στη στήριξη και υιοθέτηση περιβαλλοντικών πολιτικών, εξυπηρετώντας τη νομοθεσία και τις σύγχρονες τάσεις ανάλογα με τη δομή και τις επιμέρους επιδιώξεις τους. Ο σχεδιασμός και η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι αλληλένδετες διεργασίες, κατά τις οποίες τα αποτελέσματα της μιας ανάλυσης τροφοδοτούν με δεδομένα μία άλλη. Αυτή η διαδικασία πολλές φορές οδηγεί στην απαίτηση περισσότερων πληροφοριών και τη συνεργασία περισσότερων από ένα εργαλείων. Τα περιβαλλοντικά εργαλεία στηρίζονται στις θεωρίες. Τα εργαλεία διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες στα «αναλυτικά εργαλεία» (analytical tools) και στα «εργαλεία διεργασιών» (procedural tools). Με τα αναλυτικά εργαλεία υπολογίζουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκεκριμένων προϊόντων, διεργασιών, ενώ τα εργαλεία διεργασιών εφαρμόζουν συγκεκριμένα βήματα και οδηγίες και βοηθούν τους οργανισμούς στη λήψη αποφάσεων με στόχο τη διαρκή βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης [39]. Όλα τα εργαλεία υποστηρίζονται από τεχνικά στοιχεία π.χ. λογισμικά, μοντέλα, των οποίων η εφαρμογή και αξιοπιστία εξαρτάται από την εισαγωγή των αρχικών δεδομένων.

### 3.1 Θεωρίες και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική αξιολόγηση

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένες από τις βασικότερες θεωρίες, στις οποίες στηρίζεται η δομή των εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης, πιο συγκεκριμένα [39]:

- Θεωρία Κύκλου Ζωής (Life Cycle Thinking concept): Εστιάζει την προσοχή στην ανάλυση και περιβαλλοντική αξιολόγηση ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας από την «κούνια ως το θάνατο».
- Θεωρία Διαχείρισης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Management LCM): Στηρίζεται στη θεωρία του Κύκλου Ζωής και έχει ως βασικό στόχο τη διαρκή περιβαλλοντική βελτίωση. Η εφαρμογή αυτής της θεωρίας δεν αναιρεί την εφαρμογή και άλλων θεωριών και διαχειριστικών εργαλείων.
- Σχεδιασμός για το Περιβάλλον (Design for Environment DfE): Λαμβάνονται υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τον κύκλο ζωής των προϊόντων ή των διεργασιών, προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με το σχεδιασμό ή τον επανασχεδιασμό του υπό μελέτη προϊόντος ή διεργασίας.
- Καθαρότερη Τεχνολογία (Cleaner Technology): Εστιάζει κυρίως σε διεργασίες παραγωγής σε εργοστάσια με στόχο τη μείωση της ρύπανσης και των αποβλήτων. Δίνει έμφαση στην πρόληψη και προϋπόθεση για την εφαρμογή του είναι η συνειδητή περιβαλλοντική διαχείριση, η αλλαγή νοοτροπίας από τους χρήστες και η αξιολόγηση των τεχνικών

επιλογών στη λήψη αποφάσεων.

- Αποδόμηση (Dematerialisation): Αναφέρεται στη σταδιακή μείωση του όγκου των υλικών και της ενέργειας που απαιτείται χωρίς όμως αυτό να συνεπάγεται μείωση και της αντίστοιχης ποιότητας παροχής υπηρεσιών.
- Οικολογική Αποδοτικότητα (Eco-Efficiency): Στόχος είναι η διαμόρφωση ανταγωνιστικών από πλευράς κόστους προϊόντων και υπηρεσιών που να καλύπτουν τις ανθρώπινες ανάγκες, προσφέροντας ποιότητα και μειώνοντας ταυτόχρονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον κύκλο ζωής.
- Οικολογία στη Βιομηχανία (Industrial Ecology): Πολυδιάστατη μελέτη των συστημάτων παραγωγής στη βιομηχανία και στις οικονομικές δραστηριότητες με σκοπό τον εντοπισμό των σημείων αλληλεξάρτησης με τα φυσικά συστήματα.
- Διαχείριση στο Τέλος Ζωής (End of Life Management): Η θεωρία αυτή αφορά στον εντοπισμό των περιβαλλοντικών πτυχών και τις πρακτικές διαχείρισης στο τέλος της λειτουργικής ζωής ενός προϊόντος. Για την εφαρμογή της θεωρίας αυτής μπορούν να συνεργαστούν πολλά περιβαλλοντικά εργαλεία και να συμμετάσχουν πολλοί φορείς (παραγωγοί, χρήστες, τοπικές αρχές). Το βέβαιο είναι πως η κύρια ευθύνη για τη συλλογή και τη διαχείριση των απορριμμάτων ανήκει στο κράτος.

Στη φιλοσοφία των θεωριών βασίζεται η ανάπτυξη εργαλείων περιβαλλοντικής διαχείρισης, τα οποία παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις στη δομή τους, ο βασικός στόχος όμως όλων είναι η περιβαλλοντική αξιολόγηση, η συνεχής περιβαλλοντική βελτίωση του υπό μελέτη αγαθού, υπηρεσίας ή οργανισμού και η συμβατότητα με την περιβαλλοντική νομοθεσία και τα πρότυπα. Οι σημαντικότερες και περισσότερο διαδεδομένες από πλευράς εφαρμογών μεθοδολογίες, στη δομή των οποίων στηρίζονται τα «αναλυτικά εργαλεία» είναι: η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment LCA), ο Υπολογισμός Ροής Υλικών (Material Flow Accounting MFA), η Εισροή Υλικών ανά Μονάδα Υπηρεσίας (Material Intensity per Service Unit MIPS), η Αθροιστική Ανάλυση Ενεργειακών Αναγκών (Cumulative Energy Requirements Analysis CERA), η Ανάλυση Περιβαλλοντικών Εισροών/Εκροών (Environmental Input/Output Analysis IOA), η Εκτίμηση Περιβαλλοντικού Κινδύνου (Environmental Risk Assessment ERA), τα Εργαλεία για Οικολογικό Σχεδιασμό (Checklists for Eco-design), η Εκτίμηση Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Costing LCC), ο Υπολογισμός Ολικού Κόστους (Total Cost Accounting TCA) και η Ανάλυση Κέρδους Κόστους (Cost Benefit Analysis CBA) [40].

Σε αντιστοιχία οι πιο γνωστές μεθοδολογίες διεργασιών είναι: τα Συστήματα Περιβαλλοντικής

Διαχείρισης (Environmental Management Systems EMS), οι Περιβαλλοντικές Επιθεωρήσεις (Environmental Audits), η Αξιολόγηση Περιβαλλοντικής Επίδοσης (Environmental Performance Evaluation), η Περιβαλλοντική Σήμανση (Environmental Labelling), ο Οικολογικός Σχεδιασμός (Eco- Design), η Πράσινη Προμήθεια (Green Procurement), το Σύστημα Ολικής Ποιότητας και Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Total Quality Environmental Management TQEM), τα Συστήματα Αξιολόγησης (Rating Systems) [39].

### 3.2 Ανάλυση κύκλου ζωής – θεωρητικό υπόβαθρο

Ένα μεγάλο τμήμα της παρούσας εργασίας στηρίζεται στη μεθοδολογία της ΑΚΖ. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να γίνει μία συνοπτική περιγραφή της. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) αναγνωρίστηκε από την επιστημονική κοινότητα ως η μόνη «νόμιμη» και ορθή μέθοδος για την αξιολόγηση και σύγκριση υλικών, προϊόντων και υπηρεσιών από την περιβαλλοντική άποψη. Η ΑΚΖ είναι μία μέθοδος που ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Ο ορισμός που δίνεται από τον SETAC [41] είναι: «Η ΑΚΖ είναι ένας συστηματικός τρόπος της αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίδρασης προϊόντων ή υπηρεσιών παρακολουθώντας τα από την εξόρυξη πρώτων υλών μέχρι την τελική τους απόθεση». Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση των εκπομπών και την κατανάλωση υλικών που επηρεάζουν το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Αν και η προέλευση της μεθοδολογίας ΑΚΖ ξεκινά από τα τέλη της δεκαετίας του '70, μέχρι τη δεκαετία του '90 δεν υπήρχαν συντονισμένες ενέργειες για την τυποποίηση της μεθοδολογίας. Η πρωτοβουλία για την τυποποίηση της ΑΚΖ ξεκίνησε από τον Οργανισμό Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) που το 1993 παρουσίασε τον «Κώδικα Πρακτικής», μέσα από τον οποίο γίνεται μία πρώτη αναλυτική παρουσίαση μιας ΑΚΖ. Κατόπιν και στη βάση αυτή ακολούθησε διεθνής τυποποίηση της μεθοδολογίας από Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO). Η Α.Κ.Ζ. είναι μια «τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων» [42]. Το τεχνικό πλαίσιο της μεθοδολογία παρουσιάζεται σχηματικά στο σχήμα 9.

Σύμφωνα με τη σειρά προτύπων ISO 14040-43, η ΑΚΖ περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια:

προσδιορισμό του στόχου και έκταση της μελέτης, αναλυτική απογραφή δεδομένων, εκτίμηση επιπτώσεων και εκτίμηση βελτιώσεων [43]. Πιο συγκεκριμένα:

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14040: Προσδιορισμός του στόχου και έκταση της μελέτης (ISO, 2006)

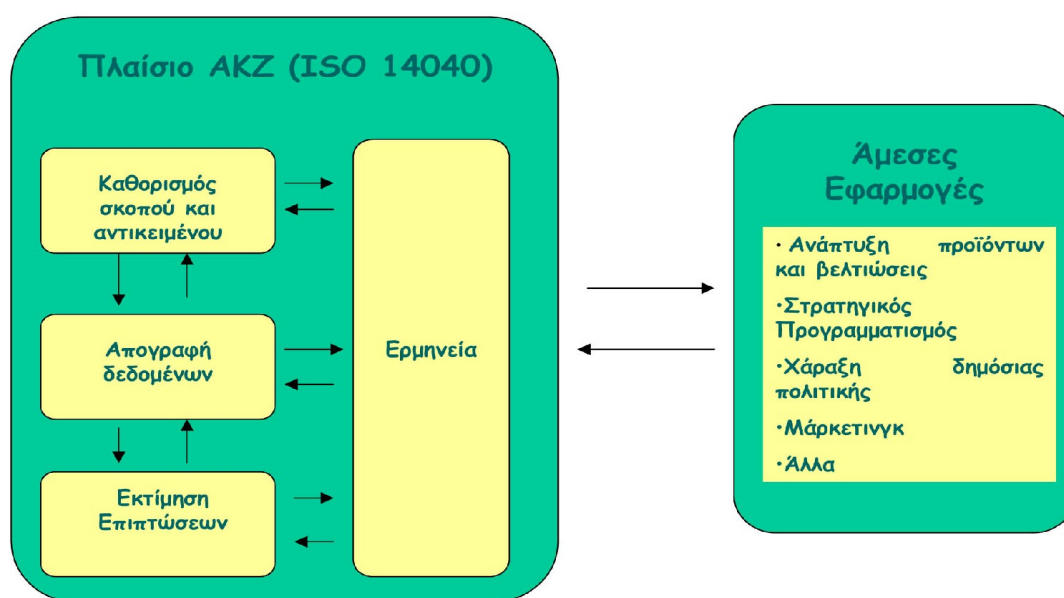
Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται η επιδίωξη της μελέτης, το αντικείμενό της, η λειτουργική μονάδα, τα υλικά, οι διαδικασίες και το υπό μελέτη σύστημα. Το σύστημα αποτυπώνεται για την καλύτερη κατανόησή του με τη μορφή διαγραμμάτων ροής. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο διεργασιών, οι οποίες συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον με τις εισροές υλικών και ενέργειας που δέχεται από αυτό και μέσω των εκπομπών αέριων, στερεών και υγρών που διοχετεύει σε αυτό.

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14041: Αναλυτική απογραφή δεδομένων (ISO, 1998)

Στο στάδιο αυτό τα δεδομένα εισαγωγής (εισροές) είναι οι πρώτες ύλες και η ενέργεια ενώ οι εκροές είναι οι αέριες εκπομπές, τα στερεά και υγρά απόβλητα. Οι εισροές και οι εκροές καταγράφονται για κάθε στάδιο του υπό μελέτη συστήματος. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «απογραφή δεδομένων» (inventory analysis). Τα αποτελέσματα της καταγραφής συναθροίζονται για το υπό μελέτη σύστημα.

- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14042: Εκτίμηση επιπτώσεων (ISO, 2000a)

Οι αρχές και η διαδικασία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κύκλου ζωής παρουσιάζονται σ' αυτό το πρότυπο, το οποίο χωρίστηκε πρόσφατα στις ακόλουθες τέσσερις περιοχές: ταξινόμηση, χαρακτηρισμό, ανάλυση “σπουδαιότητας” και αξιολόγηση.



Σχήμα 10: Η μεθοδολογία της AKZ σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 [41]

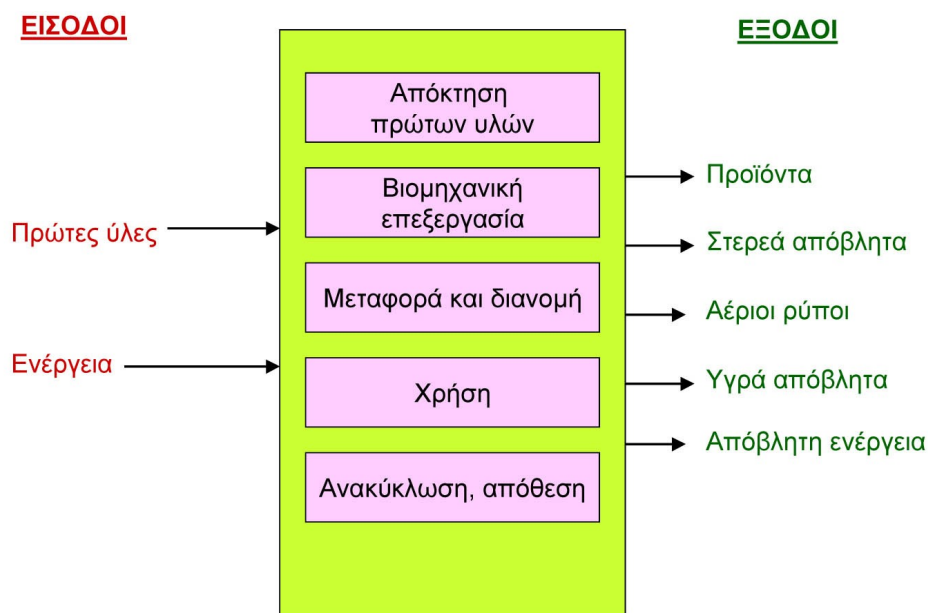


- Ανάλυση Κύκλου Ζωής, ISO 14043: Εκτίμηση βελτιώσεων (ISO, 2000b)

Η εκτίμηση των βελτιώσεων μπορεί να περιέχει τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως για παράδειγμα αλλαγές στο υπό μελέτη προϊόν ή στη διεργασία, στο σχεδιασμό, στη χρήση πρώτων υλών αλλά και στη χρήση από τον καταναλωτή/χρήστη, για παράδειγμα στη διαχείριση απορριμμάτων.

### Καθορισμός στόχου - όρια υπό μελέτη συστήματος - Αναλυτική Απογραφή Δεδομένων

Στη φάση αυτή καθορίζεται ο στόχος της μελέτης με βάση τον οποίο ορίζεται η λειτουργική μονάδα στην οποία ανάγονται και τα τελικά αποτελέσματα αλλά και τα αρχικά δεδομένα που απαιτούνται για την ανάλυση του καταλόγου απογραφής [44]. Μόλις καθοριστεί ο στόχος της ΑΚΖ προσδιορίζεται και το υπό μελέτη σύστημα που τον εξυπηρετεί. Το υπό μελέτη σύστημα είναι ένα σύνολο από διεργασίες ή διαδικασίες, οι οποίες σχετίζονται μεταξύ τους. Τα κρίσιμα σημεία για το σαφή καθορισμό του είναι να εντοπιστούν οι διεργασίες που τον αποτελούν και να προσδιοριστούν με σαφήνεια τα όριά του (Σχ.11). Πολλές φορές είναι απαραίτητες ορισμένες παραδοχές ή υποθέσεις, ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη του συστήματος. Οι παραδοχές και οι υποθέσεις σχετίζονται και με την ποιότητα των αρχικών δεδομένων, των οποίων η ακρίβεια καθορίζει και την αξιοπιστία των τελικών αποτελεσμάτων. Η λογική λοιπόν των παραδοχών ή υποθέσεων έχει ως βασικό σκοπό την καλύτερη ποιότητα των τελικών αποτελεσμάτων, χωρίς όμως να επηρεάζεται η πληρότητα της μελέτης [45].



Σχήμα 11: Όρια του συστήματος στην ΑΚΖ

Για κάθε διεργασία του υπό μελέτη συστήματος, καταγράφονται όλα τα υλικά και τα ποσά ενέργειας που εισέρχονται αλλά και τα προϊόντα, καθώς και τα απόβλητα, οι αέριες εκπομπές και τα παραπροϊόντα που προκύπτουν από τη διεργασία. Αυτό που τελικά πετυχαίνουμε ανά διεργασία είναι η καταγραφή των εισερχόμενων ροών υλικών και ενέργειας αλλά και εξερχομένων ροών προϊόντων, παραπροϊόντων, αποβλήτων και ρύπων. Με τον τρόπο αυτό και για το υπό μελέτη σύστημα έχουμε τις συνολικές εισερχόμενες και εξερχόμενες ροές.

Ένα πολύ σημαντικό σημείο στην εφαρμογή της μεθοδολογίας AKZ είναι η αξιολόγηση των αρχικών δεδομένων που θα αποτελέσουν και τα στοιχεία του καταλόγου απογραφής. Υπάρχει διαδικασία αξιολόγησης των δεδομένων αυτών, η οποία μπορεί να είναι τόσο ποιοτική, όσο και ποσοτική, καθώς η ποιότητα των αρχικών δεδομένων επηρεάζει και την ποιότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Δείκτες ποιότητας δεδομένων σε μία μεθοδολογία AKZ αποτελούν η ακρίβεια, η πληρότητα, η αξιοπιστία, η ηλικία και η μέθοδος απόκτησης. Το ζήτημα της ποιότητας των αρχικών δεδομένων, καθώς και των μεθόδων αξιολόγησης αυτών έχει αποτελέσει αντικείμενο ανάλυσης και υπάρχει αρκετή σχετική βιβλιογραφία [45].

Ένας βασικός κύκλος διεργασιών στη μεθοδολογία της AKZ (Σχ. 12) περιλαμβάνει τα ακόλουθα βασικά στάδια [46, 47] :

- Στάδιο απόκτησης πρώτων υλών

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την καταγραφή των ποσοτήτων πρώτων υλών που σχετίζονται με τις διεργασίες του υπό μελέτη συστήματος, καθώς και όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με τις πρώτες ύλες (διαδικασία εξόρυξης, παραγωγής, μεταφοράς, διαχείρισης, τοποθέτησης ,κ.τ.λ.).

- Στάδιο παραγωγής

Το στάδιο της παραγωγής αφορά τις παραγωγικές διεργασίες, προκειμένου να προκύψει το τελικό προϊόν. Στο στάδιο αυτό συμπεριλαμβάνονται και η διεργασία συσκευασίας και η διεργασία μεταφοράς/διανομής του τελικού προϊόντος.

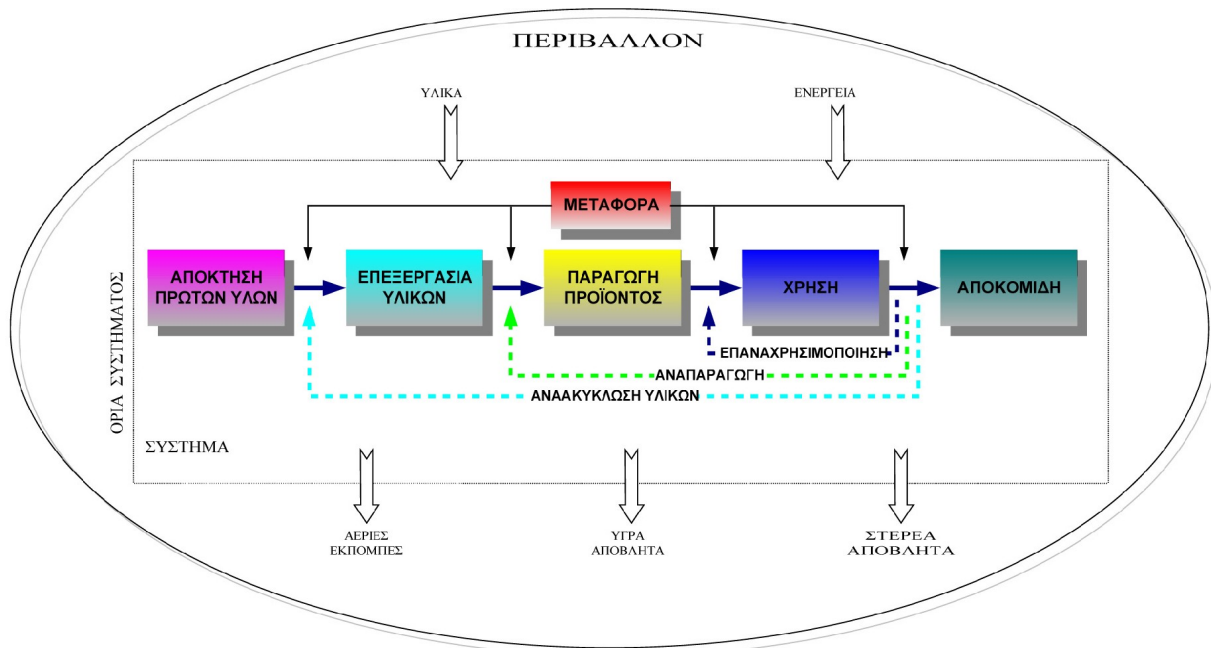
- Στάδιο χρήσης

Στο στάδιο αυτό μελετάται το προϊόν κατά τη λειτουργία του. Περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις σε ενέργεια και τα περιβαλλοντικά απόβλητα που συνδέονται με την αποθήκευση, τη χρήση και τη συντήρηση του προϊόντος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του κτιρίου μελετώνται οι εισροές ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου και οι εκροές από τις οποίες προσδιορίζονται κατόπιν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

- Στάδιο διαχείρισης

Στο στάδιο αυτό, το υπό μελέτη προϊόν βρίσκεται στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του και μελετώνται

τα σενάρια διαχείρισης του, τα οποία μπορεί να αφορούν την εναπόθεση του προϊόντος σε χώρους υγειονομικής ταφής, την ανακύκλωσή του ή την επαναχρησιμοποίησή του.



Σχήμα 12: Κύκλος ζωής προϊόντος και ανταλλαγές με το περιβάλλον [36]

### Εκτίμηση των επιπτώσεων

Στο στάδιο αυτό εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι με σκοπό να αποτυπώσουν τη συμβολή των εισερχόμενων και εξερχόμενων ροών υλικών και ενέργειας του υπό μελέτη συστήματος σε μία σειρά από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι υπό εξέταση περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν είναι πάντα οι ίδιες για όλες τις μεθοδολογίες και μπορεί να μη είναι και μόνο περιβαλλοντικές. Μπορεί για παράδειγμα να εξεταστούν, εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εφαρμογή μίας ΑΚΖ, οικονομικές επιπτώσεις, πολιτικές, κοινωνικές, ασφάλειας κ.τ.λ. [44]. Στο στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων τα δεδομένα απογραφής συσχετίζονται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν στα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τον ευτροφισμό, την οξείνιση, το νέφος, κ.λ.π. Η συμβολή στην κάθε περιβαλλοντική επίπτωση ποσοτικοποιείται στο στάδιο του χαρακτηρισμού και με τη χρήση συντελεστών.

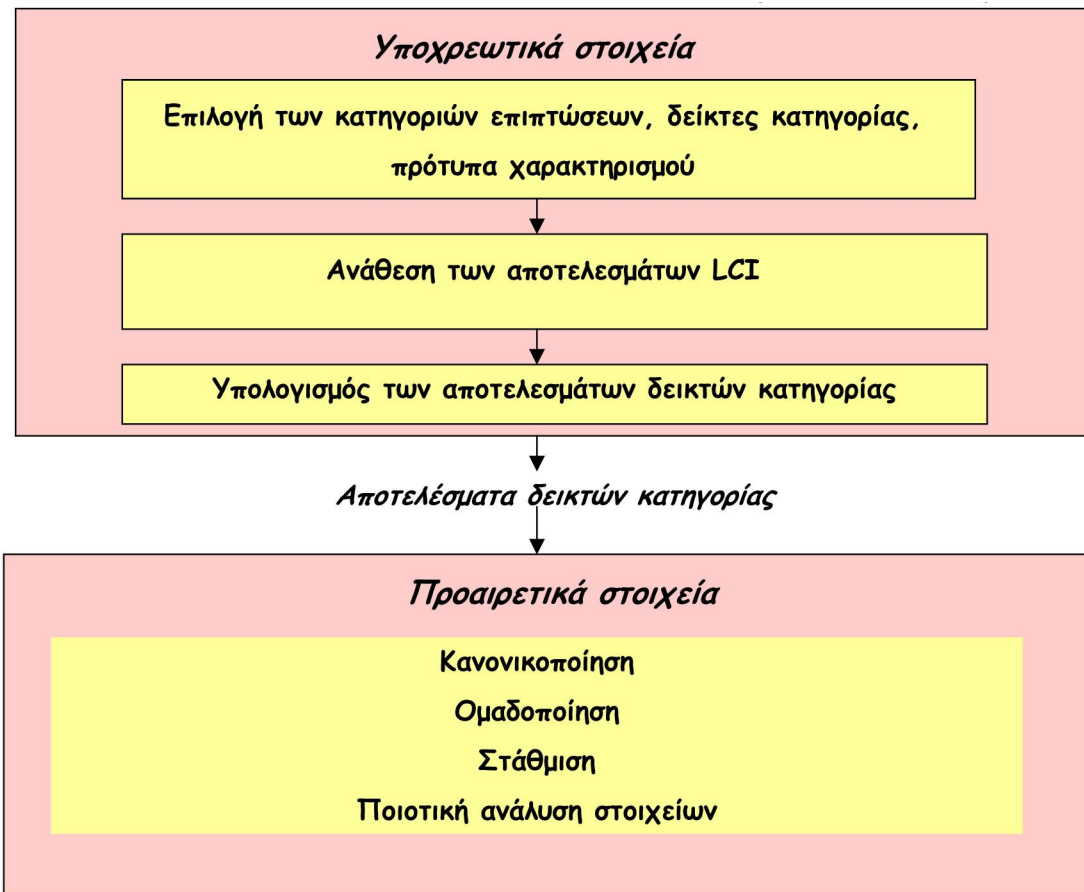
Η κανονικοποίηση είναι προαιρετική στο στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων. Ουσιαστικά τα κανονικοποιημένα αποτελέσματα προκύπτουν ως εξής: η συνολική περιβαλλοντική επίπτωση

εκφρασμένη σε ισοδύναμα g ή kg της ουσίας αναφοράς (S) διαιρείται με το συντελεστή κανονικοποίησης A, που αποτελεί στην πραγματικότητα μία λειτουργική μονάδα η οποία εκφράζεται ανά μονάδα χρόνου (συνήθως ανά έτος) και ανά περιοχή (η ακόμα και ανά άτομο).

Στην περίπτωση λοιπόν που ο συντελεστής κανονικοποίησης είναι εκφρασμένος ανά έτος, ανά χρονική περίοδο δηλαδή τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αδιάστατες τιμές [44].

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται περισσότερο και εξετάζονται στην πλειοψηφία των εφαρμογών της AKZ είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η χρήση γης, η οξείνιση, ο ευτροφισμός και στη συνέχεια η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και η ανθρώπινη τοξικότητα.

Ειδικότερα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι σημαντικότερες αέριες εκπομπές, οι οποίες εξετάζονται είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>, το μεθάνιο CH<sub>4</sub>, τα οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub>, οι χλωροφθοράνθρακες, οι υδροχλωροφθοράνθρακες.



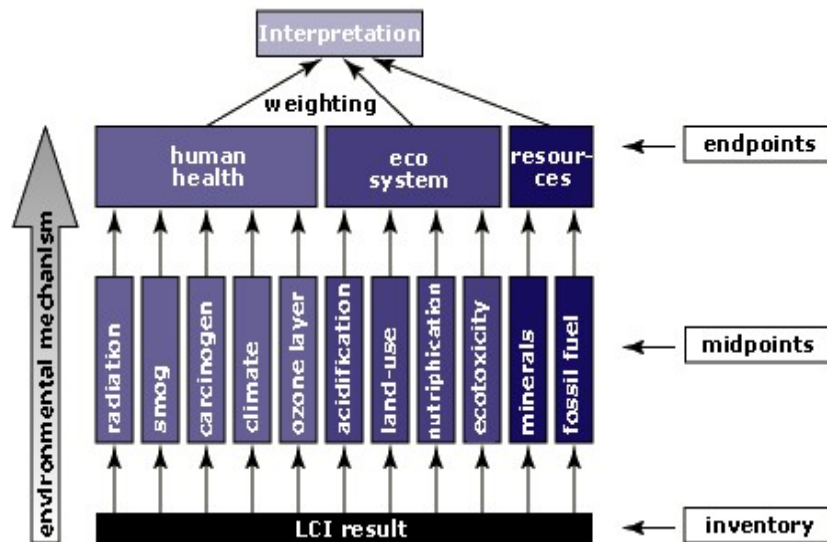
Σχήμα 13: Στάδια της Εκτίμησης Επιπτώσεων (ISO 14042) [41]

Γενικά έχουν καθιερωθεί δύο μέθοδοι αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [39]:

- Η μέθοδος των «ενδιάμεσων» (mid-points) που στοχεύει στον προσδιορισμό του προβλήματος

(problem-oriented method). Η μέθοδος αυτή ασχολείται με την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου, του ευτροφισμού, της οξίνισης, του νέφους, κ.τ.λ.

- Η μέθοδος της «κατάληξης» (end point) που στοχεύει στον προσδιορισμό της βλάβης (damage oriented method). Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή τη μέθοδο εξετάζεται η περιβαλλοντική επίπτωση βλάβη κάθε περιβαλλοντικής πτυχής σε τρεις κατηγορίες, στον άνθρωπο, στο φυσικό περιβάλλον και στις φυσικές πηγές [48].



Σχήμα 14: Μεθοδος των ενδιάμεσων και της κατάληξης [33]

### Εκτίμηση βελτιώσεων

Αυτό το τελευταίο στάδιο συσχετίζει τα τελικά αποτελέσματα με τον αρχικό στόχο της μεθοδολογίας της AKZ. Σύμφωνα με τα πρότυπα ISO, το στάδιο της αποτίμησης ουσιαστικά είναι το στάδιο της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Το στάδιο αυτό σχετίζεται και με τη χρήση της μεθοδολογίας ως εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων αποδεικνύοντας ό,τι δεν περιγράφει απλώς ένα σύστημα διεξοδικά από περιβαλλοντική πλευρά αλλά εντοπίζει και τις διεργασίες εκείνες που μπορούν να βελτιωθούν.

### 3.3 Εφαρμογή AKZ στα δομικά υλικά και στο κτίριο

Ο χώρος των κατασκευών αποτελεί μία ενδιαφέρουσα αλλά και συγχρόνως δύσκολη εφαρμογή της μεθοδολογίας AKZ . Αυτό οφείλεται κυρίως:

- Στη μεγάλη διάρκεια ζωής των κτιρίων, η οποία πολλές φορές ξεπερνά και τα 50 χρόνια.

- Στις αλλαγές, στις επισκευές και στις αντικαταστάσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια ζωής ενός κτιρίου.
- Στο ότι πολλές από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί ένα κτίριο στον κύκλο ζωής του οφείλεται κυρίως στα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του.
- Στην ανάγκη για πολλά αρχικά δεδομένα, προκειμένου να εφαρμοστεί η μεθοδολογία της AKZ και να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα.
- Στη μοναδικότητα κάθε κτιρίου και στη δυσκολία τυποποίησης των διαδικασιών επεξεργασίας.
- Στην εμπλοκή πολλών ατόμων που σχετίζονται με το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και την τελική διαχείριση ενός κτιρίου.

Κατά τη μελέτη ενός κτιρίου μία αρκετά ορθολογική αλλά και αρκετά επίπονη διαδικασία αξιολόγησης είναι ο επιμερισμός του κτιρίου στα επιμέρους υλικά του. Διαχωρίζουμε δηλαδή το κτίριο στα επιμέρους δομικά του στοιχεία και εφαρμόζουμε μεθοδολογία αξιολόγησης για το καθένα, αθροίζοντας στο τέλος της ανάλυσης τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις για το σύνολο του κτιρίου. Γενικά βέβαια λόγω του όγκου των αρχικών δεδομένων που απαιτούνται σε υλικά και ενέργεια η εφαρμογή της AKZ τόσο σε δομικά υλικά και πολύ περισσότερο στο σύνολο του κτιρίου χρειάζεται υποθέσεις και εκτιμήσεις [49]. Η επιδίωξη κατά την εφαρμογή της AKZ σε ένα κτίριο εστιάζει το βάρος κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας και ειδικότερα στη λειτουργία του κτιρίου, στην εφαρμογή θερμομόνωσης, στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από την άλλη, η εφαρμογή της AKZ σε υλικά έχει ως στόχο τον εντοπισμό υλικών με λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την εισαγωγή στην αγορά καινοτόμων προϊόντων δόμησης, αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον. Επιπλέον, το υπό μελέτη σύστημα των υλικών είναι σαφέστατα πιο απλοποιημένο σε σχέση με του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, οι βασικές φάσεις στο σύστημα περιβαλλοντικής αξιολόγησης του υλικού είναι: η χρήση πρώτων υλών, η παραγωγική διαδικασία, η τοποθέτηση και η τελική διάθεση. Αντίστοιχα, το υπό μελέτη σύστημα για το κτίριο περιλαμβάνει: χρήση πρώτων υλών, κατασκευή, λειτουργία, επισκευή - ανακαίνιση, κατεδάφιση. Ο όγκος πληροφορίας και αρχικών δεδομένων για το κτίριο απαιτεί διάφορες πηγές για παράδειγμα, αρχιτέκτονες, κατασκευαστές, μηχανικούς, χρήστες, ερευνητές, ενώ για την περιβαλλοντική αξιολόγηση των δομικών υλικών αρκεί η χρήση πληροφοριών από τη βιομηχανία. Ουσιαστικά, κατά την ανάλυση του κτιρίου σε επιμέρους φάσεις μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικές διεργασίες, οι οποίες όμως σίγουρα μπορούν να υποδιαιρεθούν και σε άλλες υποδιεργασίες

Πιο συγκεκριμένα:

- Φάση κατασκευής

Στη φάση κατασκευής ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην επιλογή, χρήση και αξιολόγηση των υλικών. Επίσης, στο στάδιο αυτό σημαντική συμβολή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχει και η διαδικασία μεταφοράς των υλικών αλλά και οι διεργασίες κατασκευής ενός κτιρίου.

- Φάση λειτουργίας κτιρίου

Στη φάση λειτουργίας αναλύονται οι λειτουργίες (φωτισμός, χρήση ηλεκτρικών συσκευών, κ.τ.λ.) και τα συστήματα (ψύξης, θέρμανσης, κλιματισμού, χρήσης ζεστού νερού, κ.τ.λ.) ενός κτιρίου.

- Φάση τελικής διάθεσης

Ουσιαστικά σε αυτή τη φάση μελετάται η τελική διάθεση των υλικών κατασκευής αλλά και των υλικών λειτουργίας του κτιρίου (υιοθέτηση χωριστών χώρων συλλογής αποβλήτων, ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, κ.τ.λ.).

Σύμφωνα με τον Otiz [50] η εφαρμογή της μεθοδολογίας της AKZ στα κτίρια μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά επίπεδα ανάλυσης AKZ: σε δομικά υλικά, κατασκευαστικές διατομές και στο σύνολο της κατασκευής του κτιρίου. Είναι φανερό πως υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι προσέγγισης του ζητήματος της περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων και διάφορα επίπεδα ανάλυσης.

### 3.4 Εργαλεία για την εφαρμογή της AKZ

Τα εργαλεία που στηρίζουν την εφαρμογή της AKZ είναι πολλά και κατά βάση χωρίζονται σε τρία επίπεδα ανάλυσης: επίπεδο 1 - αξιολόγηση υλικού, επίπεδο 2 - αξιολόγηση κτιρίου από τη φάση του σχεδιασμού και έμφαση στη λήψη αποφάσεων και τέλος επίπεδο 3 - αξιολόγηση κτιρίου με έμφαση στη διαχείριση. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την περιβαλλοντική αξιολόγηση των επιμέρους δομικών υλικών όπως είναι το GaBi, το SimaPro, το Gemis κ.τ.λ. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει εργαλεία που αξιολογούν το σύνολο της κατασκευής στον κύκλο ζωής της. Εργαλεία που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι το Athena, το Envest, το BEES, κ.α. Τέλος, η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει εργαλεία που στοχεύουν στην ολοκληρωμένη αξιολόγηση των κατασκευών. Τα εργαλεία αυτά στηρίζονται στη μεθοδολογία της AKZ και η αξιολόγηση επιτυγχάνεται με την εφαρμογή συγκεκριμένων κριτηρίων στις κατασκευές. Εργαλεία που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι συστήματα αξιολόγησης, όπως το LEED, το BREEAM, το GBTool, κ.α. [51].

Σε αυτό το σημείο πρέπει να έχει γίνει αντιληπτό ότι η AKZ είναι μια μεθοδολογία που απαιτεί

μεγάλο αριθμό δεδομένων για την εφαρμογή της. Η σύγχρονη πληροφορική επιστήμη προσφέρει όλα εκείνα τα εργαλεία τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία μεγάλων βάσεων δεδομένων και την ταχύτατη εκτέλεση των υπολογισμών. Η επεξεργασία και ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Sima Pro 7.3 το οποίο παρουσιάζεται στην συνέχεια.

### **Σύντομη παρουσίαση του λογισμικού πακέτου SimaPro 7.3**

Το SimaPro είναι ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενο λογισμικό για την ΑΚΖ. Βοηθά στη εύκολη μοντελοποίηση των συστημάτων που εξετάζονται, αναλύει και ελέγχει τις περιβαλλοντικές πληροφορίες για τα υπό εξέταση προϊόντα και υπηρεσίες.

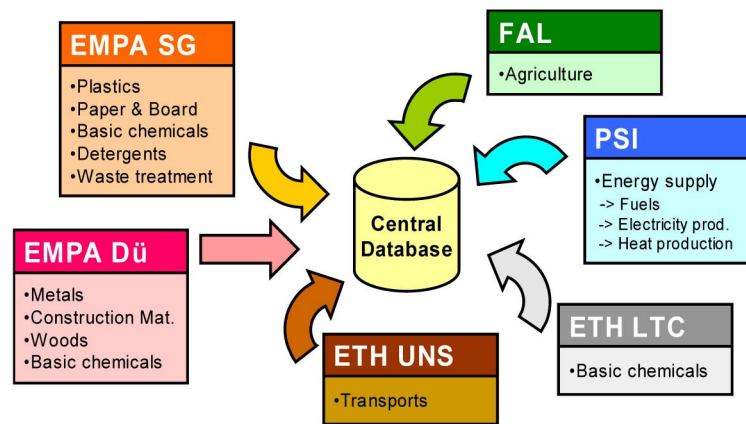
Το SimaPro μπορεί εύκολα να αναπαραστήσει και να αναλύσει σύνθετους κύκλους ζωής με ένα συστηματικό και διαφανή τρόπο, με βάση τις προδιαγραφές του προτύπου ISO 14040. Τα αρχικά του SimaPro αντιστοιχούν στο «System for Integrated Environmental Assessment of Products». Πρωτοκυκλοφόρησε το 1990 και έκτοτε χρησιμοποιείται από εκατοντάδες πολυεθνικών εταιρειών, σύμβουλων- μελετητών ΑΚΖ, ερευνητικών ιδρυμάτων και πανεπιστημίων. Μεταξύ αυτών χρησιμοποιείται επίσης στο Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) του Τροντχάιμ της Νορβηγίας όπου διεξάχθηκε αυτή η εργασία. Έχει αναπτυχθεί και υποστηρίζεται από τους Pré Consultants στην Ολλανδία.

#### Η Απογραφή Δεδομένων στο SimaPro

Οι ακόλουθες βάσεις δεδομένων είναι διαθέσιμες στο πακέτο του SimaPro. Περιέχουν στοιχεία από μια μεγάλη γκάμα βιομηχανικών διεργασιών που καλύπτουν γεωγραφικά δεδομένα από την Ευρώπη και Βόρεια Αμερική. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη περιγραφή αυτών των βάσεων δεδομένων:

1. Ecoinvent v2.2: system and unit processes
2. LCA Food DK.
3. European Life Cycle Database (ELCD) v2.0.
4. Dutch Input-Output Database 95.
5. US Life Cycle Inventory.
6. Industry data 2.0: Δεδομένα από διάφορες ενώσεις κλάδων της βιομηχανίας.
7. EU27 and DK input-output (IO) database
8. US input-output (IO) database 98





Σχήμα 15: Η βιβλιοθήκη eco-invent [33]

Η Εκτίμηση Επιπτώσεων στο SimaPro 7.3

Οι ακόλουθες μέθοδοι Εκτίμησης Επιπτώσεων περιέχονται στο SimaPro:

- Eco - Indicator 99
- ReCiPe Midpoint
- ReCiPe Endpoint
- CML 2 (2000)
- CML 2001
- IMPACT 2002+
- EPS 2000
- EPD (2008)
- Ecological Scarcity 2006

Η βασική δομή όλων των παραπάνω μεθόδων Εκτίμησης Επιπτώσεων του SimaPro 7.3, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ακολουθεί το πρότυπο ISO 14042, δηλαδή περιλαμβάνει, κατά περίπτωση, τα παρακάτω στάδια:

- Χαρακτηρισμός
- Εκτίμηση των απωλειών (προαιρετικά)
- Κανονικοποίηση (προαιρετικά)
- Στάθμιση (προαιρετικά)

Η έννοια του προαιρετικού σταδίου είναι ότι δεν περιλαμβάνεται σε όλες από τις προαναφερθείσες μεθόδους εκτίμησης των επιπτώσεων. Για παράδειγμα, η εκτίμηση των απωλειών είναι ένα νέο στοιχείο στις μεθόδους Eco-indicator 99 και EPS 2000, το οποίο επιτρέπει την άθροιση ορισμένων

κατηγοριών χαρακτηρισμού σε μία κατηγορία απωλειών. Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζονται συνοπτικά τα παραπάνω 4 στάδια της Εκτίμησης Επιπτώσεων στο SimaPro 7.3.

#### - Χαρακτηρισμός

Οι ουσίες που συνεισφέρουν σε μια κατηγορία επιπτώσεων, πολλαπλασιάζονται με ένα συντελεστή χαρακτηρισμού, ο οποίος δηλώνει τη σχετική συνεισφορά της ουσίας. Για παράδειγμα, ο συντελεστής χαρακτηρισμού για το CO<sub>2</sub> στην κατηγορία επίπτωσης «Κλιματική Αλλαγή» είναι 1, ενώ ο αντίστοιχος συντελεστής για το CH<sub>4</sub> είναι 21. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η έκλυση 1 kg CH<sub>4</sub> στην ατμόσφαιρα προκαλεί την ίδια επίπτωση με 21 kg CO<sub>2</sub>.

#### - Εκτίμηση απωλειών

Κατηγορίες επιπτώσεων που έχουν κοινές μονάδες μπορούν να αθροιστούν σε επίπεδο απωλειών. Για παράδειγμα, όλες οι κατηγορίες επιπτώσεων που αποτιμούνται σε ανθρώπινες απώλειες (δηλαδή, σε συνολικά έτη ζωής που χάνονται) μπορούν να αθροιστούν. Δηλαδή οι ανθρώπινες απώλειες λόγω καρκινογένεσης αθροίζονται με τις ανθρώπινες απώλειες λόγω κλιματικής αλλαγής.

#### - Κανονικοποίηση

Πολλές μέθοδοι επιτρέπουν τα αποτελέσματα των διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων να συγκρίνονται με μια πρότυπη (ή κανονική) τιμή. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η κατηγορία επιπτώσεων διαιρείται με την τιμή αναφοράς. Οποιαδήποτε τιμή μπορεί να επιλεγεί ως τιμή αναφοράς, αλλά συνήθως αυτή η τιμή αναφοράς είναι οι ετήσιες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις σε μια χώρα ή μια ήπειρο, διαιρεμένες με τον αντίστοιχο αριθμό κατοίκων. Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, μετά την κανονικοποίηση, όλες οι κατηγορίες επιπτώσεων έχουν την ίδια μονάδα (1/yr) γεγονός που επιτρέπει την ευκολότερη σύγκρισή τους. Η κανονικοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε επίπεδο αποτελεσμάτων χαρακτηρισμού όσο και σε επίπεδο εκτίμησης απωλειών.

#### - Στάθμιση

Ορισμένες μέθοδοι επιτρέπουν τη στάθμιση όλων των κατηγοριών επιπτώσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι επιπτώσεις ή και οι απώλειες πολλαπλασιάζονται με συντελεστές βαρύτητας και έτσι σχηματίζεται ένα τελικό σκορ. Η στάθμιση μπορεί να γίνει τόσο σε κανονικοποιημένες όσο και σε μη κανονικοποιημένες τιμές.

Από τις παραπάνω μεθόδους, οι μέθοδοι Eco-indicator 95 και η μεταγενέστερη Eco-indicator 99 έχουν προταθεί από την ίδια επιστημονική ομάδα που ανέπτυξε το πακέτο SimaPro. Ως εκ τούτου, η προεπιλεγμένη μέθοδος εκτίμησης επιπτώσεων στο SimaPro

είναι αυτή του Eco-indicator 99. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε και για την ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται κάποια αναλυτικότερα στοιχεία για αυτή.

### **Η μεθοδολογία εκτίμησης επιπτώσεων Eco-indicator 99**

Η, χρονολογικά πρώτη, μέθοδος Eco – Indicator 95 αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ολλανδικού προγράμματος NOH σε ένα έργο με συμμετοχή των εταιρειών Philips, NedCar (VOLVO/Mitshubishi), Schuurink, και των ερευνητικών κέντρων των Πανεπιστημίων CML LEIDEN, TU-DELFT, IVAN-ER (Αμστερνταμ) και CE Delft. Η παραπάνω μέθοδος εξελίχθηκε και πλέον ονομάζεται Ecoindicator 99.

Η μεθοδολογία του Eco-indicator 99 στοχεύει στην αποτύπωση των τελικών απωλειών (damage-oriented) που επιφέρουν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Παραδοσιακά στην AKZ οι εκπομπές ρύπων και η εξόρυξη των πόρων αποτυπώνονται ως 11 κατηγορίες επιπτώσεων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Ακόμα και για ειδικούς επιστήμονες, πόσο μάλλον για το ευρύ κοινό, είναι πολύ δύσκολο να αποδοθούν κοινά αποδεκτοί συντελεστές βαρύτητας στις 11 κατηγορίες επιπτώσεων. Αυτό λοιπόν που έγινε, είναι ότι ζητήθηκε από ένα πάνελ 365 Ελβετών ειδικών σε θέματα AKZ να αποδώσει συντελεστές βαρύτητας όχι στις 11 κατηγορίες επιπτώσεων αλλά σε 3 μεγαλύτερες κατηγορίες (τελικών) απωλειών.

Ειδικότερα, οι απώλειες που επιφέρουν οι επιπτώσεις κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Απώλειες στην ανθρώπινη υγεία

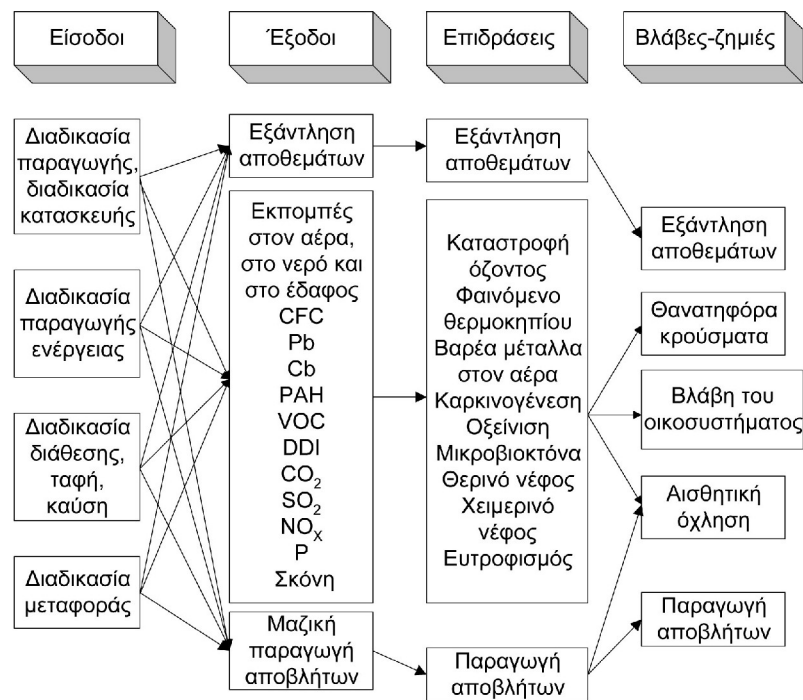
οι οποίες εκφράζονται ως το άθροισμα των ετών ζωής που χάνονται συν των ετών που ζει κάποιος ασθενής. Αυτό το άθροισμα εκφράζεται ως DALYs (Disability Adjusted Life Years). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται, επίσης, από την Παγκόσμια Τράπεζα και την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας.

- Απώλειες στην ποιότητα του οικοσυστήματος

οι οποίες εκφράζονται ως απώλειες ειδών σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

- Απώλειες στους πόρους

οι οποίες εκφράζονται ως η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για τις μελλοντικές εξορύξεις ορυκτών και ορυκτών καυσίμων. Για να είναι εφικτή η χρήση των σταθμικών συντελεστών για τις τρεις κατηγορίες απωλειών, έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από πολύπλοκα μοντέλα απωλειών. Η συσχέτιση των σταδίων ζωής ενός προϊόντος με τις τελικές επιπτώσεις, μέσω αυτών των μοντέλων, αναπαριστάται στο Σχήμα 16.



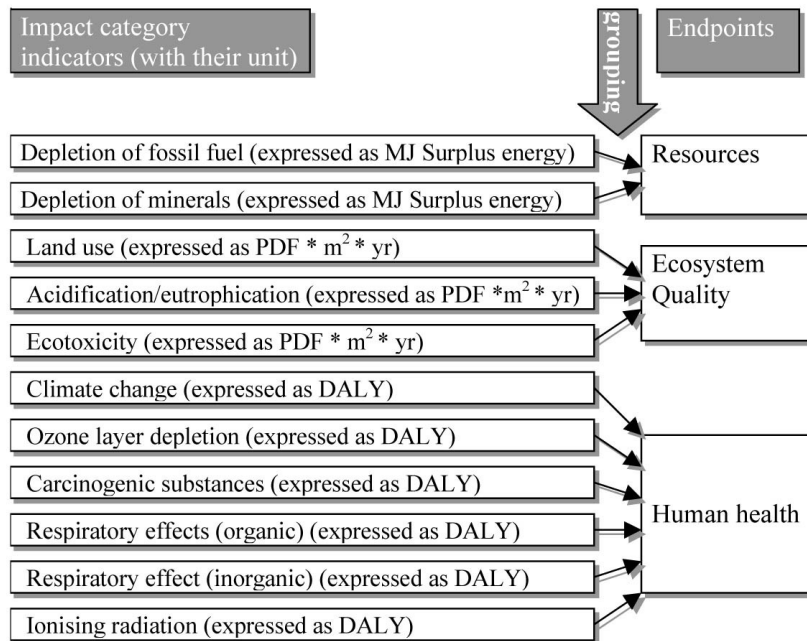
Σχήμα 16: Συσχέτιση σταδίων ζωής - τελικές επιπτώσεις [41]

- Χαρακτηρισμός στο Eco-indicator 99

Οι συντελεστές χαρακτηρισμού για τις εκπομπές προς ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα και το έδαφος υπολογίζονται στο τελικό επίπεδο επιπτώσεων, δηλαδή στο επίπεδο των απωλειών. Το μοντέλο που εκτιμά τις απώλειες είναι συνάρτηση της έκθεσης (exposure), της κατάληξης των ρύπων (fate analysis) και της ανάλυσης των αποτελεσμάτων (effect analysis). Πιο συγκεκριμένα το μοντέλο εφαρμόζεται στις ακόλουθες κατηγορίες επιπτώσεων:

1. Καρκινογένεση: εξετάζονται οι επιπτώσεις στην καρκινογένεση λόγω των εκπομπών καρκινογόνων ουσιών σε ατμόσφαιρα, υδρόσφαιρα και το έδαφος. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.
2. Εισπνεύσιμα οργανικά: εξετάζονται τα αναπνευστικά προβλήματα που δημιουργούνται από τη θερινή αιθαλομίχλη λόγω της εκπομπής οργανικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.
3. Εισπνεύσιμα ανόργανα: εξετάζονται τα αναπνευστικά προβλήματα που δημιουργούνται από τη χειμερινή αιθαλομίχλη λόγω της εκπομπής σκόνης, θείου και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.
4. Κλιματική αλλαγή: εξετάζεται η αύξηση των ασθενειών και των θανάτων λόγω της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.

5. Ακτινοβολία: εξετάζεται η επίδραση της ραδιενεργούς ακτινοβολίας. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.



Σχήμα 17: Κατηγορίες επιπτώσεων του Eco-indicator '99 [33]

6. Στοιβάδα του όζοντος: εξετάζεται η αύξηση των ασθενειών και των θανάτων λόγω της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας που προκύπτει ως αποτέλεσμα της εκπομπής ουσιών που καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον. Οι απώλειες μετρούνται σε DALY/kg εκπομπής.

7. Οικοτοξικότητα: εξετάζεται η επίδραση στην ποιότητα του οικοσυστήματος ως αποτέλεσμα της εκπομπής οικοτοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα και το έδαφος. Οι απώλειες μετρούνται σε Potentially Affected Fraction (PAF)\*m<sup>2</sup>\*year/kg εκπομπής.

8. Οξίνιση/Ευτροφισμός: εξετάζεται η επίδραση στην ποιότητα του οικοσυστήματος ως αποτέλεσμα της εκπομπής ουσιών που προκαλούν οξίνιση στην ατμόσφαιρα. Οι απώλειες μετρούνται σε Potentially Disappeared Fraction (PDF)\*m<sup>2</sup>\*year/kg εκπομπής.

Οι παραπάνω 8 κατηγορίες επιπτώσεων αναφέρονται σε εκπομπές. Στη συνέχεια εξετάζονται οι χρήσεις γης. Οι χρήσεις γης, στα ανθρωπογενή συστήματα, έχουν επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Η βιοποικιλότητα εξαρτάται από το είδος των χρήσεων γης και από την έκταση της περιοχής. Σε αυτή την κατηγορία επιπτώσεων λαμβάνονται υπόψη τόσο τα τοπικά όσο και τα περιφερειακά αποτελέσματα.

9. Χρήση γης: εξετάζεται η επίδραση είτε της μετατροπής των χρήσεων γης είτε της κατάληψης εδάφους. Οι απώλειες μετρούνται σε Potentially Disappeared Fraction (PDF)\*m<sup>2</sup>\*year/m<sup>2</sup>.

Σε σχέση με την εξόρυξη των πόρων, η βασική παραδοχή που γίνεται είναι ότι η ανθρωπότητα θα

αντλεί πρώτα τους καλύτερους πόρους, αφήνοντας τους υποδεέστερους για αργότερα. Για τις μελλοντικές γενιές θα απαιτείται επιπλέον προσπάθεια για την εξόρυξη των πόρων του πλανήτη. Αυτή η επιπλέον προσπάθεια εκφράζεται ως «επιπλέον ενέργεια» (surplus energy).

10. Ορυκτοί πόροι: Οι απώλειες μετρούνται σε επιπλέον ενέργεια ανά kg ορυκτού ή μεταλλεύματος, ως αποτέλεσμα της χαμηλότερης ποιότητας των ορυκτών.

11. Ορυκτά καύσιμα: Οι απώλειες μετρούνται σε επιπλέον ενέργεια ανά MJ, kg ή m<sup>3</sup> ορυκτού καυσίμου, ως αποτέλεσμα χαμηλότερης ποιότητας καυσίμων.

Οι αβεβαιότητες σε σχέση με τις παραπάνω κατηγορίες πηγάζουν τόσο από την αβεβαιότητα των μοντέλων (υποκειμενικές) όσο και από την αβεβαιότητα των δεδομένων (αντικειμενικές). Οι αβεβαιότητες στη μεθοδολογία Eco-indicator 99 δεν εκφράζονται ως κατανομές. Αντιθέτως, χρησιμοποιούνται τρία αρχέτυπα, δανεισμένα από την Κοινωνική Θεωρία:

1. Το αρχέτυπο της ισότητας
2. Το ιεραρχικό αρχέτυπο
3. Το ατομικιστικό αρχέτυπο

Τα χαρακτηριστικά του κάθε ενός αρχετύπου παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Το αρχέτυπο της ισότητας (The egalitarian perspective)

Σε αυτή την επιλογή, η χρονική περίοδος εκτίμησης των επιπτώσεων είναι εξαιρετικά μακροχρόνια.

Οι ουσίες λαμβάνονται υπόψη αν υπάρχει έστω και ένδειξη για τα αρνητικά αποτελέσματά τους.

Π.χ. όλες οι ουσίες ύποπτες για καρκινογένεση των ομάδων 1, 2a, 2b και 3 της IARC

συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς. Στην επιλογή αυτή, οι απώλειες είναι αναπόφευκτες και μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφικά αποτελέσματα. Τα ορυκτά καύσιμα δεν αντικαθίστανται.

Στους υπολογισμούς για τα DALY δεν περιλαμβάνεται διόρθωση για την επίδραση της ηλικιακής δομής.

- Το ιεραρχικό αρχέτυπο (The hierarchist perspective)

Σε αυτή την επιλογή, ο χρόνος εκτίμησης των επιπτώσεων είναι μεγάλος. Οι ουσίες λαμβάνονται

υπόψη αν υπάρχει επιστημονική συναίνεση για τα αρνητικά αποτελέσματά τους. Έτσι, όλες οι

ουσίες ύποπτες για καρκινογένεση των ομάδων 1, 2a και 2b της IARC συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς. Οι απώλειες είναι δυνατόν να αποφευχθούν λαμβάνοντας τα κατάλληλα

διαχειριστικά μέτρα. Τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι εύκολο να αντικατασταθούν. Το αργό πετρέλαιο

και το φυσικό αέριο αντικαθίστανται από αργιλικούς σχιστόλιθους (shale) ενώ το κάρβουνο

αντικαθίσταται από καφέ άνθρακα. Στους υπολογισμούς για τα DALY δεν περιλαμβάνεται

διόρθωση για την επίδραση της ηλικιακής δομής. Το ιεραρχικό αρχέτυπο είναι το προεπιλεγμένο

(default) στη μεθοδολογία του Eco-indicator 99 καθώς οι παραδοχές του φαίνεται να είναι επιστημονικά και πολιτικά παραδεκτές.

- Το ατομικιστικό αρχέτυπο (The individualist perspective)

Σε αυτή την εκδοχή, ο χρόνος των επιπτώσεων είναι εξαιρετικά περιορισμένος (100 χρόνια ή λιγότερο). Οι καρκινογόνες ουσίες συμπεριλαμβάνονται μόνο όταν υπάρχει πλήρης απόδειξη για το αποτέλεσμά τους. Έτσι λοιπόν, μόνο ουσίες της κλάσης 1 της IARC συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο. Οι απώλειες, σε αυτή την προσέγγιση πάντα, είναι αναστρέψιμες λόγω της τεχνολογικής και της οικονομικής ανάπτυξης. Η παραδοχή για τα ορυκτά καύσιμα είναι ότι δεν εξαντλούνται. Τέλος, στους υπολογισμούς για τα DALY περιλαμβάνεται διόρθωση για την επίδραση της ηλικιακής δομής.

- Εκτίμηση των απωλειών στο Eco-indicator 99

- Απώλειες στην ανθρώπινη υγεία, οι οποίες εκφράζονται ως το άθροισμα των ετών ζωής που χάνονται συν των ετών που ζει κάποιος ασθενής. Αυτό το άθροισμα εκφράζεται ως DALYs (Disability Adjusted Life Years). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται, επίσης, από την Παγκόσμια Τράπεζα και την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας.
- Απώλειες στην ποιότητα του οικοσυστήματος, οι οποίες εκφράζονται ως απώλειες ειδών σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.
- Απώλειες στους πόρους, οι οποίες εκφράζονται ως η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται για τις μελλοντικές εξορύξεις ορυκτών και ορυκτών καυσίμων.

- Κανονικοποίηση στο Eco-indicator 99

Η κανονικοποίηση των δεδομένων γίνεται στο επίπεδο των τριών κατηγοριών απωλειών. Η κανονικοποίηση γίνεται με σημείο αναφοράς Ευρωπαϊκά δεδομένα του 1993 (ή μεταγενέστερα, όταν υπάρχουν).

- Στάθμιση στο Eco-indicator 99

Η στάθμιση των δεδομένων γίνεται επίσης σε επίπεδο απωλειών (3 κατηγορίες). Οι συντελεστές στάθμισης, όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, είναι το προϊόν των απόψεων ενός πάνελ ειδικών. Κάθε ένα από τα τρία παραπάνω αρχέτυπα έχει το δικό του σεντ συντελεστών στάθμισης.

## 4. Περιβαλλοντική αξιολόγηση ΑΚΖ ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η περιγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τους κύκλους ζωής του ξυλόμαλλου και της διογκωμένης πολυστερίνης. Η περιβαλλοντική αξιολόγηση θα γίνει με εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής με τη χρήση του υπολογιστικού λογισμικού Simapro.

Αναλυτικότερα, στη συνέχεια ακολουθούν σύντομη περιγραφή της μεθοδολογίας Α.Κ.Ζ. που αναπτύχθηκε στα υπό μελέτη συστήματα παραγωγής. Αρχικά, ορίζονται τα υπό μελέτη συστήματα για τα οποία θα υπολογιστούν με λεπτομέρεια οι εισροές πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και οι εκροές που αφορούν στις αέριες εκπομπές, στα υγρά και στερεά απόβλητα. Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το πλαίσιο της μεθοδολογίας της ΑΚΖ, που προτείνεται από τον SETAC, περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στάδια:

1. Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης
2. Απογραφή δεδομένων
3. Εκτίμηση των επιπτώσεων
4. Εκτίμηση των βελτιώσεων

### 4.1 Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης

Κατά τη διεξαγωγή μιας ΑΚΖ είναι απαραίτητο να ορισθεί με σαφήνεια η επιδίωξη της μελέτης, ο σκοπός και το αντικείμενό της. Το αντικείμενο της μελέτης καθορίζει τα όρια του υπό μελέτη συστήματος, τις απαιτήσεις των δεδομένων, τις υποθέσεις και τους περιορισμούς. Επιπλέον, στα πλαίσια προσδιορισμού του συστήματος θα πρέπει να ορίζονται επαρκώς τόσο τα γεωγραφικά, όσο και τα χρονικά όρια της μελέτης (διάρκεια ζωής του προϊόντος, χρονικός ορίζοντας κατεργασίας και επιδράσεων). Τέλος, κρίνεται αναγκαίο να εκτιμάται η μεταβλητότητα των μεγεθών και των δεδομένων που λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη, ιδιαίτερα όταν αυτή επηρεάζει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη ο στόχος είναι να διερευνηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση πρώτων υλών, την παραγωγική διαδικασία, την τοποθέτηση και την τελική διάθεση του ξυλόμαλλου (wood wool cement board) και της διογκωμένης πολυστερίνης (EPS) αντιστοιχώς και η σύγκρισή τους κατά την εφαρμογή τους σε σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης σε σκυρόδεμα.



## 4.2 Επιδίωξη

Η επιδίωξη αφορά στο λόγο, για τον οποίο διεξάγουμε την ΑΚΖ. Η επιδίωξη εξαρτάται από το βάθος της ανάλυσης στο οποίο επιθυμούμε να φτάσουμε, το είδος των πληροφοριών που απαιτούνται, το σκοπό της μελέτης και το είδος των αποφάσεων που θα ληφθούν με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης. Ένας αρχικός διαχωρισμός στα είδη των επιδιώξεων γίνεται με βάση τη χρήση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- για εσωτερική χρήση σε ένα φορέα ή οργανισμό, π.χ. για τη βελτίωση του περιβαλλοντικού βαθμού απόδοσής της,
- για εξωτερική χρήση, π.χ. για το δημόσιο συμφέρον.

Η εργασία αυτή στόχο έχει να εξάγει αξιόπιστα συμπεράσματα προσαρμοσμένα στα ελληνικά δεδομένα, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το δημόσιο συμφέρον.

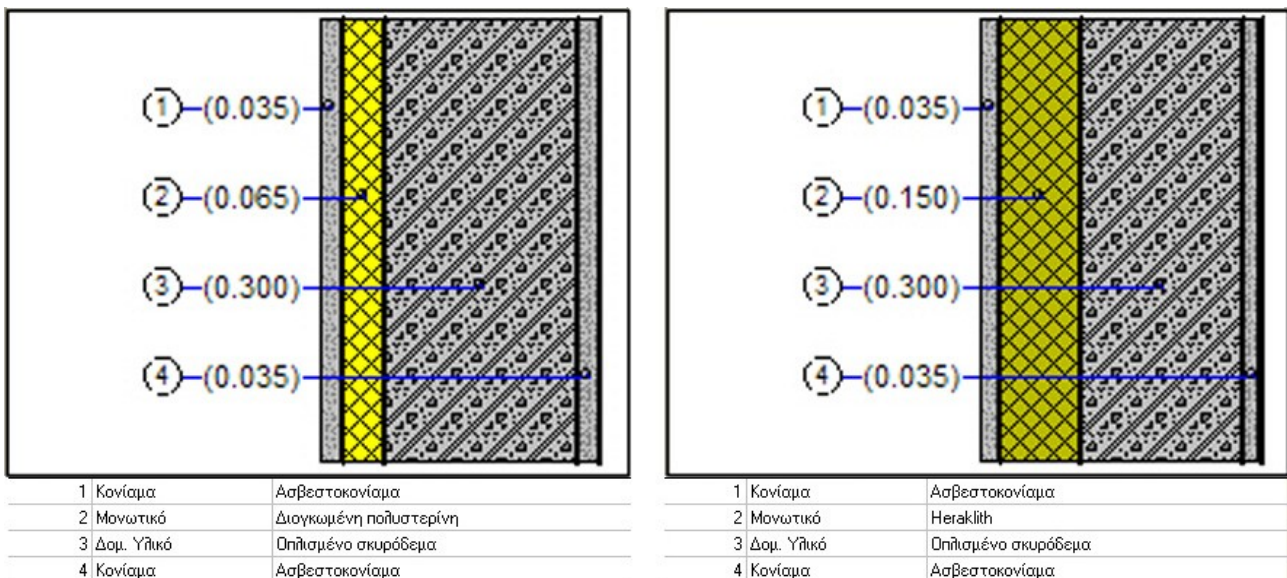
Ο σκοπός είναι να υπολογιστούν οι συνολικές εισροές και εκροές, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν για την αντίστοιχη ποσότητα των υπό μελέτη μονωτικών υλικών ώστε να παρέχεται ικανοποιητική εξωτερική μόνωση σε φέροντα σκελετό σκυροδέματος σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Όταν γίνεται αναφορά σε εισροές, εννοείται το σύνολο των πρώτων υλών, της ενέργειας και των καυσίμων που απαιτούνται για την παραγωγή των υλικών. Οι εκροές αναφέρονται στις αέριες εκπομπές, στα στερεά και υγρά απόβλητα που προκύπτουν από το λειτουργικό σύστημα παραγωγής των προϊόντων.

## 4.3 Λειτουργική μονάδα

Η λειτουργική μονάδα πρέπει να είναι μετρήσιμη και σχετική με τα στοιχεία εισοδου και εξόδου. Αποτελεί μέτρο απόδοσης του συστήματος και ο καθορισμός της πρέπει να γίνεται με σαφήνεια, ώστε να εξυπηρετείται ο σκοπός της μελέτης και το αντικείμενο αυτής. Η σωστή επιλογή της λειτουργικής μονάδας επηρεάζει τη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων. Εάν επιλεγθεί σωστά, τότε και τα αποτελέσματα θα έχουν πρακτική εφαρμογή. Στην παρούσα μελέτη ως λειτουργική μονάδα επιλέχθηκε η ποσότητα υλικού που απαιτείται για τη θερμομόνωση ενός τετραγωνικού μέτρου επιφάνειας με βάση τον αντίστοιχο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας.

Οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των μονωτικών υλικών (τιμές  $\lambda$ , που χαρακτηρίζουν το υλικό) χρησιμεύουν για τον υπολογισμό της θερμικής διαπερατότητας των κατασκευών (τιμές  $U$  ή  $k$ ). Στις 30 Μαρτίου 2010 υπογράφηκε ο ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων), σύμφωνα με το Νόμο 3661/08 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των

κτιρίων και άλλες διατάξεις», με τον οποίο εναρμονίστηκε η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91. Σύμφωνα με την απόφαση, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας ορίζονται αναλόγως με την κλιματική ζώνη. Στην περίπτωση αυτής της μελέτης, γίνεται η υπόθεση ότι η μόνωση θα χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικό φέρων οργανισμό κτιρίου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Βάσει του ΚΕΝΑΚ, η Θεσσαλονική κατατάσσεται στην κλιματική ζώνη Δ και επομένως τα όριο θερμοπερατότητας είναι ίσο με  $U = 0.40\text{W/m}^2\text{K}$  και είναι αναγκαία 6,5cm διογκωμένης πολυστερίνης ή 15cm ξυλόμαλλου (Σχ. 18). Οι ποσότητες διογκωμένης πολυστερίνης και ξυλόμαλλου που απαιτούνται για αυτή τη δεδομένη τιμή του συντελεστή και για 1 m<sup>2</sup> επιφάνειας της εξωτερικής μόνωσης είναι 54 kg και 1.95 kg αντίστοιχα. Λαμβάνεται διάρκεια ζωής 50 χρόνων.



Σχήμα 18: Σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης σε σκυρόδεμα

#### 4.4 Εκτίμηση ποιότητας δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την αξιοπιστία της ΑΚΖ. Οι πηγές των δεδομένων πρέπει να αναφέρονται με λεπτομέρεια, να επιλέγονται με προσοχή και να ελέγχονται για την αξιοπιστία τους. Η ποιότητα των δεδομένων επηρεάζεται από την πηγή των δεδομένων, τον τρόπο παραγωγής τους, τη μέθοδο, το κόστος και το χρόνο συλλογής.

Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι είτε πρωτογενείς, είτε δευτερογενείς. Οι δευτερογενείς πηγές μπορεί να προέρχονται από βιομηχανικές και κρατικές αναφορές, δεδομένα εργαστηριακών

δοιμών βιβλία αναφοράς, δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων, παρόμοιες μελέτες AKZ.

Τα δεδομένα μπορούν να παραχθούν με ακριβείς μετρήσεις, με εκτιμήσεις / δείγματα, με μοντέλα και υπολογισμούς. Η μορφή των δεδομένων μπορεί να είναι μέσες τιμές (μηνιαίες/ετήσιες), σταθερές τιμές ή και κανονικοποιημένα μεγέθη.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από:

- τη βάση δεδομένων του λογισμικού Simapro, που περιλαμβάνει πληθώρα δεδομένων από διάφορες πηγές και συγκεκριμένα της βιβλιοθήκης eco-invent [52]
- επικοινωνία με το προσωπικό της εταιρείας ΜΕΤΑΞΙΩΤΗΣ ΑΕ
- επικοινωνία με το τμήμα θερμομόνωσης της KNAUF – Ελλάδα
- τη γαλλική βάση δεδομένων INIES
- Παρόμοιες μελέτες AKZ

Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως μέσες τιμές, μετρήσεις από την εταιρεία KNAUF και κανονικοποιημένα δεδομένα, υπολογισμοί και εκτιμήσεις για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

#### 4.5 Καθορισμός και οριοθέτηση συστήματος

Στο στάδιο αυτό το υπό μελέτη προϊόν ή διεργασία θα πρέπει να παρουσιάζεται ως ένα σύστημα. Το σύστημα ορίζεται ως ένα σύνολο διεργασιών. Η κάθε διεργασία του συστήματος συνδέεται με τη χρήση ύλης και ενέργειας. Το σύστημα αυτό έχει κάποια όρια που το διαχωρίζουν από άλλες διεργασίες εκτός συστήματος. Η περιοχή μέσα στα όρια του συστήματος είναι γνωστή ως “περιβάλλον του συστήματος”

Το περιβάλλον του συστήματος είναι στην ουσία όλες οι εισερχόμενες ροές ενέργειας και πρώτων υλών αλλά και όλες οι εξερχόμενες που περιλαμβάνουν αέριες εκπομπές, υλικά μετά τη χρήση, υγρά και στερεά απόβλητα, καθώς και λοιπές εκπομπές. Η απογραφή δεδομένων είναι καταγραφή ισοζυγίων μάζας και ενέργειας για το υπό μελέτη σύστημα.

Το διάγραμμα ροής είναι ο καλύτερος τρόπος παρουσίασης ενός συστήματος. Με τη βοήθειά του φαίνεται ξεκάθαρα ο τρόπος διασύνδεσης των υποσυστημάτων και τα όρια του υπό μελέτη συστήματος. Στο διάγραμμα ροής απεικονίζεται κάθε στάδιο του συστήματος, καθώς και οι εισροές και εκροές της κάθε υποδιεργασίας. Οι εισροές είναι η ενέργεια, τα καύσιμα και οι πρώτες ύλες που εισάγονται στο υποσύστημα. Από την άλλη, οι εκροές περιλαμβάνουν τα υλικά που απομένουν

μετά την πραγματοποίηση της υποδιεργασίας.

Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν υπολογίζεται το στάδιο της τοποθέτησης και λειτουργίας των προϊόντων καθώς εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό και αυτά τα στάδια δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα.

#### 4.5.1 Ξυλόμαλλο

Ειδικά για την εφαρμογή της μεθοδολογίας AKZ στην παραγωγή του ξυλόμαλλου το υπό μελέτη σύστημα περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες (Σχ. 19):

- μεταφορά της ξυλείας και παραγωγή ξυλόμαλλου
- παραγωγή του τσιμέντου
- μεταφορά όλων των πρώτων υλών στο εργοστάσιο παραγωγής
- παραγωγή των μονωτικών πλακών Heraklith
- μεταφορά από το εργοστάσιο παραγωγής στο κέντρο διανομής για τη Β. Ελλάδα (Νεοχωρούδα). Εκτιμάται συνολική απόσταση 900 χιλ σιδηροδρομικώς και 30 χιλ.οδικώς.
- μεταφορά σε θεωρητικό οικόπεδο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης σε απόσταση 30 χιλ.
- Μετά το πέρας της διάρκειας ζωής, μεταφορά στο χώρο υγειονομικής ταφής (απόσταση 40 χιλ)
- Υγειονομική ταφή του μονωτικού υλικού

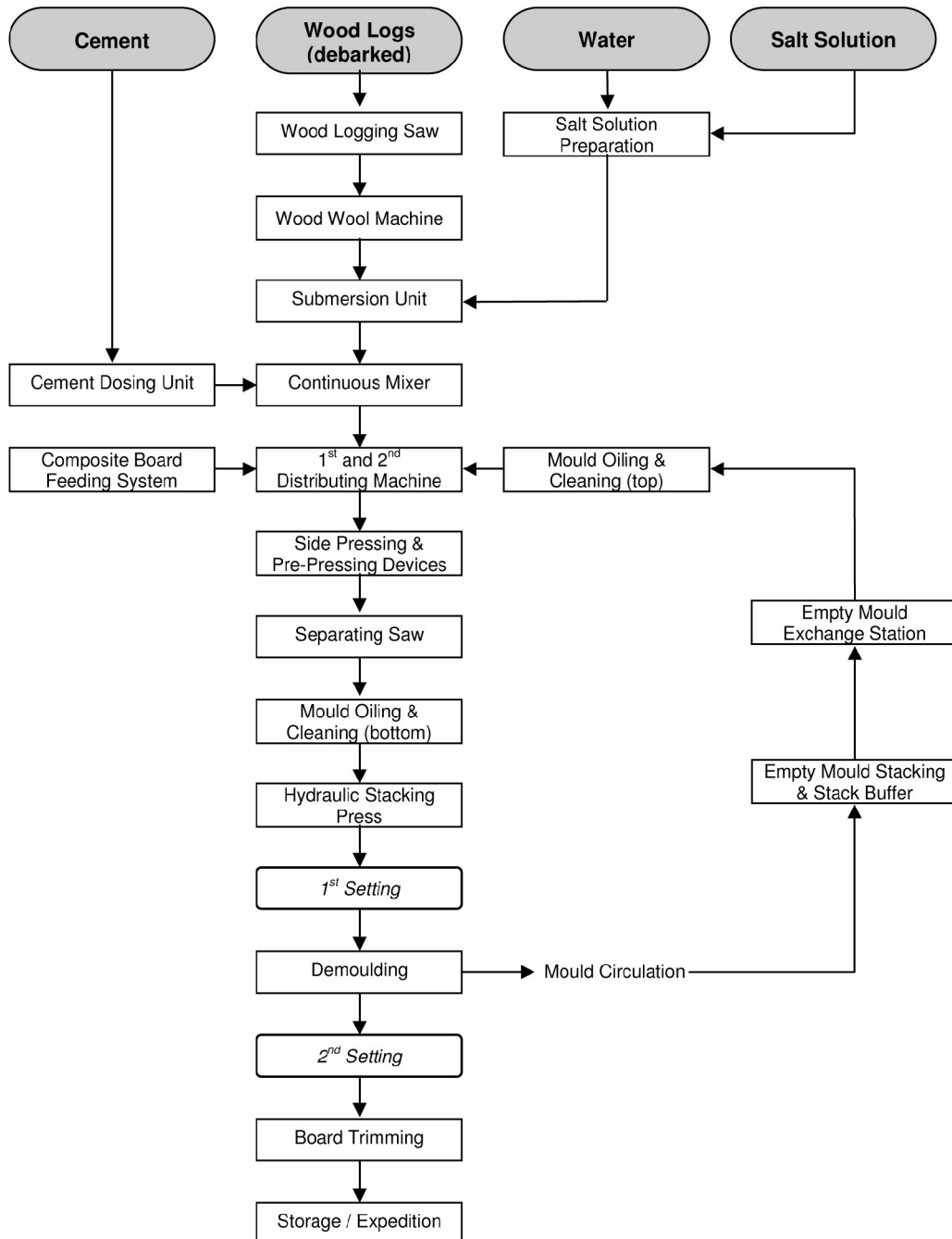


Σχήμα 19: Διάγραμμα ροής του συνόλου διεργασιών - περιβάλλον του ξυλόμαλλου

Τα δεδομένα για την παραγωγή των μονωτικών πλακών ξυλόμαλλου βασίστηκαν στην βιβλιοθήκηecoinvent που περιλαμβάνεται στο λογισμικό Simapro. Έγινε χρήση της διεργασίας «wood wool cement board» όπου εμπεριέχει όλες τις διεργασίες παραγωγής για 1 κυβικό μέτρο ξυλόμαλλου. Η μεταφορά της ξυλείας, η παραγωγή της πρώτης ύλης του ξυλόμαλλου καθώς και η παραγωγή του

απαραίτητου τσιμέντου συμπεριλαμβάνονται μαζί με την μεταφορά όλων των υλικών στη διαδικασία παραγωγής των πλακών ξυλόμαλλου.

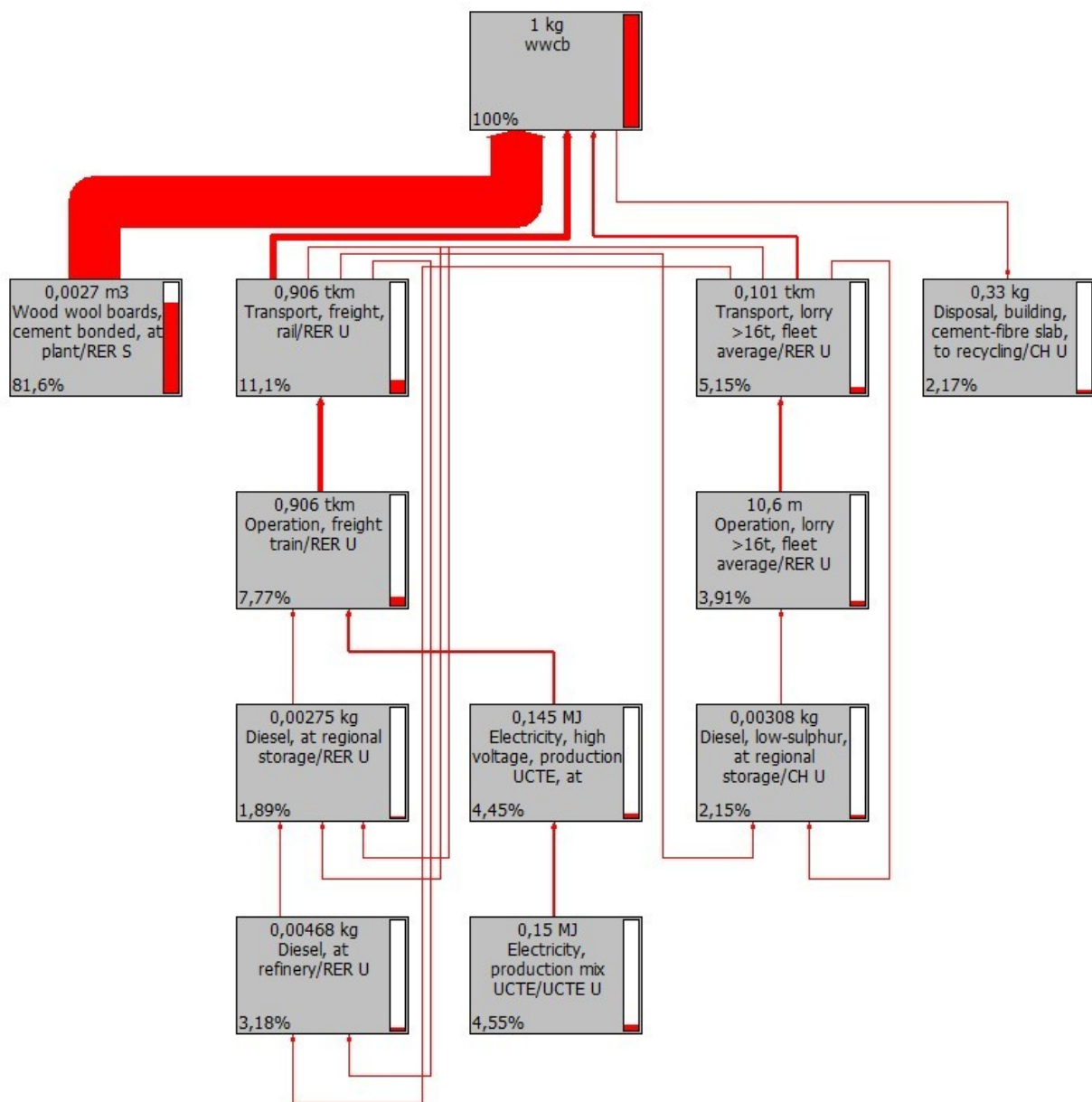
Καθότι οι εισροές της ενέργειας ήταν εμπιστευτικές, η διεργασία της παραγωγής του ξυλόμαλλου δεν μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους στάδια. Αυτό σημαίνει, ότι στην καταχώρηση της



Σχήμα 20: Διάγραμμα ροής της παραγωγής των μονωτικών πλακών ξυλόμαλλου [21]

συγκεκριμένης διεργασίας στην βιβλιοθήκη ecoinvent υπάρχουν ενσωματωμένες όλες οι εισροές και οι εκροές για την εν λόγω διεργασία στο σύνολο αυτής. Αυτό δημιουργεί το λεγόμενο «black

box» δηλαδή μία κλειστή διεργασία που δεν έχει την δυνατότητα να αναλυθεί στο 'δέντρο' των διαδικασιών από τις οποίες αποτελείται (Σχ. 21). Για τους σκοπούς της παρούσας άσκησης, εκτιμήθηκε ότι δεν ήταν απαραίτητη η συνεισφορά όλων των επιμέρους διαδικασιών για να οδηγηθούμε σε τελικά συμπεράσματα σχετικά με τη σύγκριση των δύο μονωτικών υλικών. Συμπληρωματικά προστέθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μεταφοράς με τρένο από το εργοστάσιο της Ουγγαρίας στη Θεσσαλονίκη, τα συνολικά 100 χιλ. οδικών μεταφορών καθώς και η τελική διάθεση του προϊόντος σε ΧΥΤΑ Θεσσαλονίκης. Το σύστημα για το κύκλο ζωής του ξυλόμαλλου σύμφωνα με την παραπάνω οριοθέτηση, εμφανίζεται ως εξής:

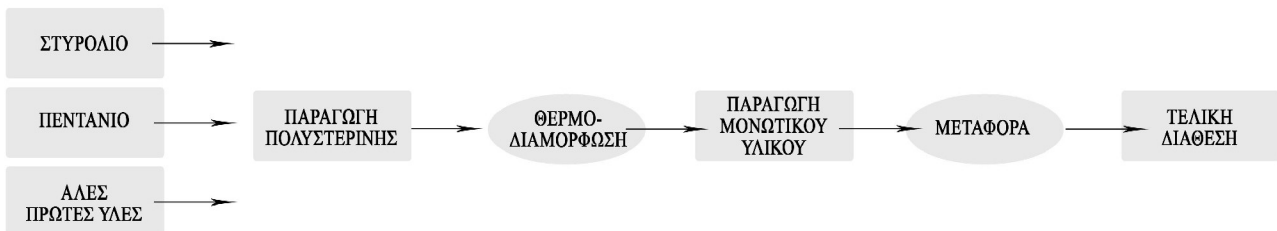


Σχήμα 21: Δέντρο διεργασιών για την AKZ του ξυλόμαλλου

#### 4.5.2 Διογκωμένη πολυστερίνη

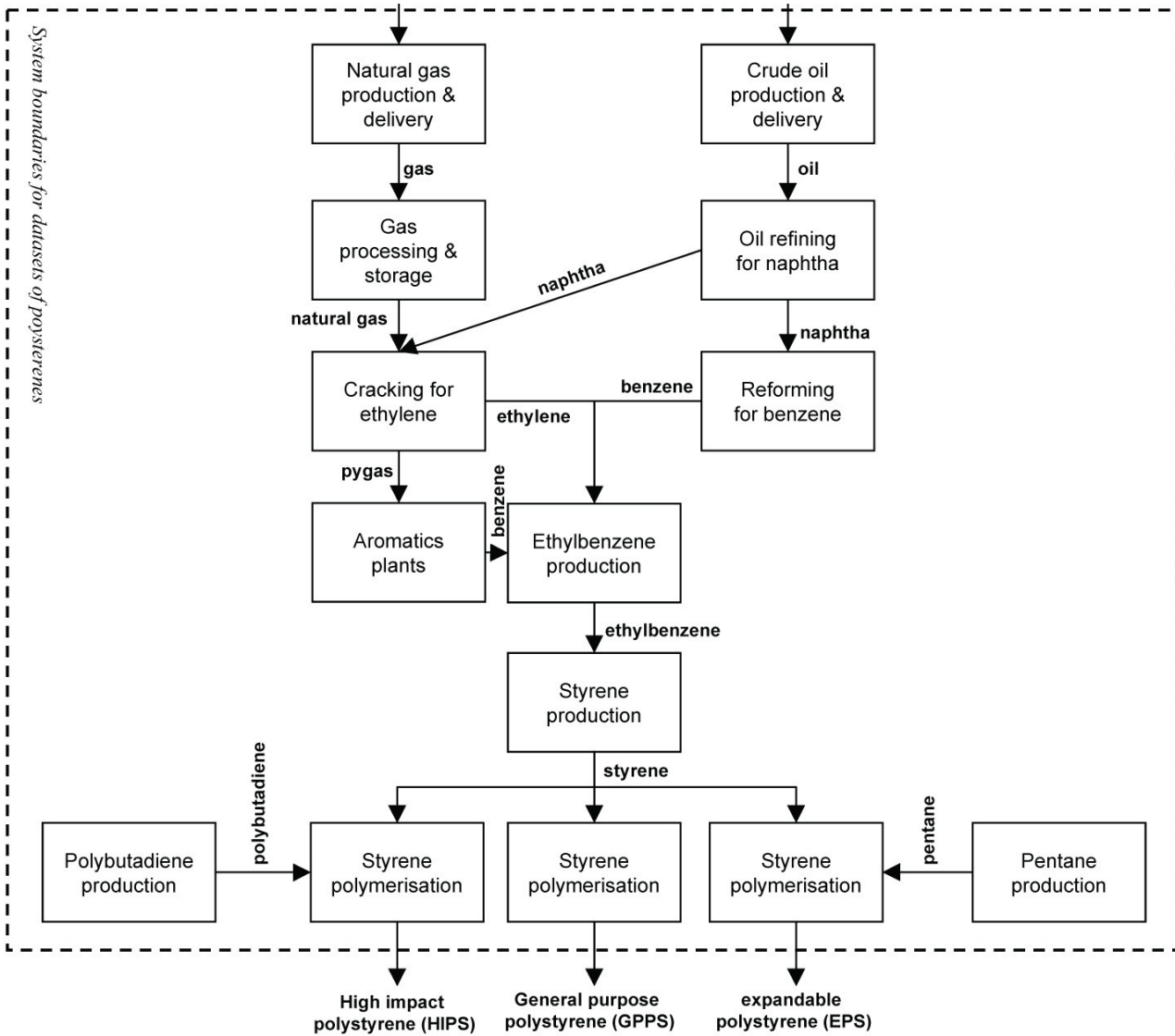
Ειδικά για την εφαρμογή της μεθοδολογίας AKZ στην παραγωγή της διογκωμένης πολυστερίνης, το υπό μελέτη σύστημα περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες:

- παραγωγής της διογκωτικής πολυστερίνης από το πολυτυρόλιο
- μεταφορά όλων των πρώτων υλών στο εργοστάσιο παραγωγής
- παραγωγή των μονωτικών πλακών διογκωμένης πολυστερίνης
- μεταφορά από το εργοστάσιο παραγωγής στο κέντρο διανομής για τη Β. Ελλάδα (Νεοχωρούδα). Εκτιμάται συνολική απόσταση 400 χιλ σιδηροδρομικώς και 30 χιλ.οδικώς.
- μεταφορά σε θεωρητικό οικόπεδο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης σε απόσταση 30 χιλ.
- Μετά το πέρας της διάρκειας ζωής, μεταφορά στο χώρο υγειονομικής ταφής (απόσταση 40 χιλ.)
- Υγειονομική ταφή του μονωτικού υλικού



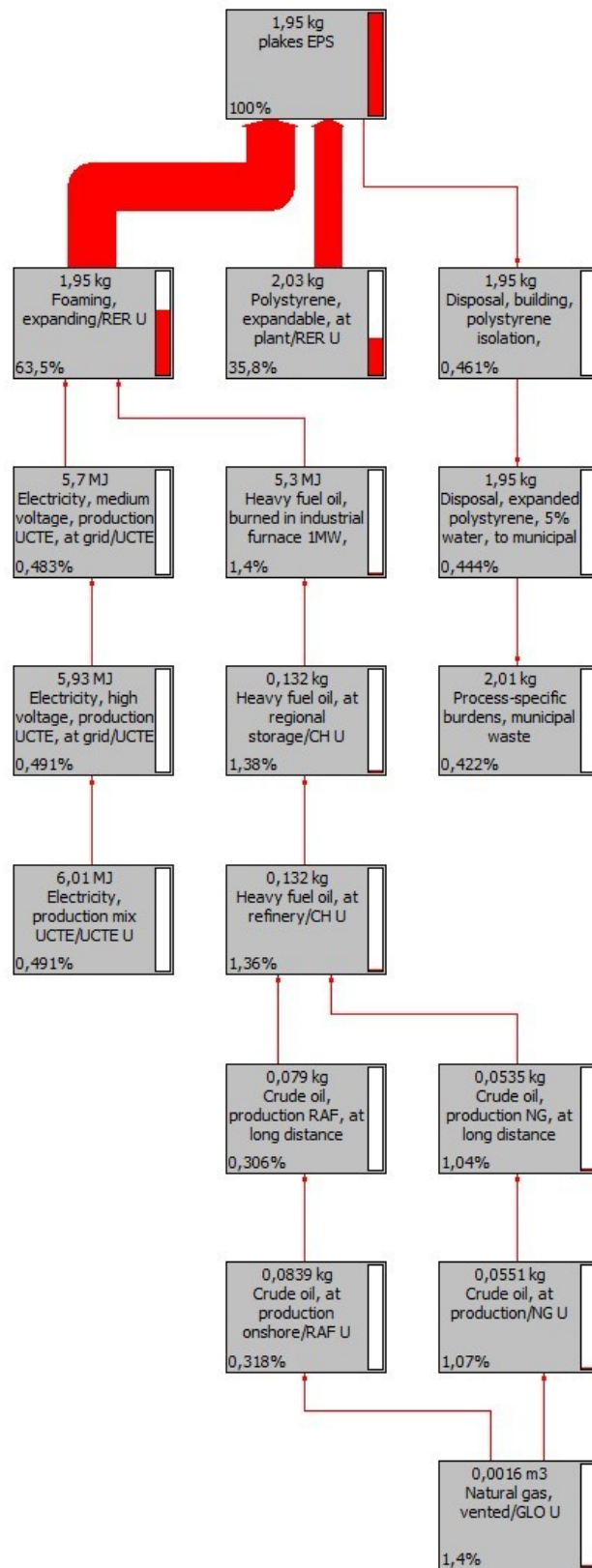
Σχήμα 22: Διαγραμμα ροής του συνόλου διεργασιών – περιβάλλον της διογκωμένης πολυστερίνης

Στην ενσωματωμένη βιβλιοθήκη ecoinvent υπάρχει όλη η διεργασία παραγωγής των μονωτικών πλακών διογκωμένης πολυστερίνης. Σε αυτήν περιλαμβάνεται η μετατροπή από ορυκτά καύσιμα σε βενζόλιο και εν συνεχεία ο πολυμερισμός του στυρόλιου ως την τελική παραγωγή των κόκκων EPS – διογκωτικής πολυστερίνης (Σχ. 23). Σε δεύτερη διεργασία περιλαμβάνεται όλη η μεταποιητική διαδικασία των κόκκων ως την τελική τους μορφή σε μονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης [42]. Συμπληρωματικά προστέθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της μεταφοράς με τρένο από το εργοστάσιο παραγωγής στη Λαμία έως τη Θεσσαλονίκη, τα συνολικά 100 χιλ. οδικών μεταφορών καθώς και η τελική διάθεση του προϊόντος σε ΧΥΤΑ Θεσσαλονίκης. Το σύστημα για το κύκλο ζωής της διογκωμένης πολυστερίνης σύμφωνα με την παραπάνω οριοθέτηση έτσι όπως δημιουργήθηκε στο λογισμικό Simapro παρουσιάζεται παρακάτω (Σχ. 24).



Σχήμα 23: Διαγραμμα ροής παραγωγής της διογκωτικής πολυστερίνης, πρώτη ύλη του μονωτικού υλικού EPS [42]





Σχήμα 24: Δέντρο διεργασιών για την ΑΚΖ της διογκωμένης πολυστερίνης

#### 4.6 Εκτίμηση των επιπτώσεων

Κατά το στάδιο απογραφής των δεδομένων προσδιορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υπό εξέταση συστήματος. Η εκτίμηση των επιπτώσεων αποτελεί μια ποσοτική ή και ποιοτική διαδικασία. Προκύπτει από την απογραφή των δεδομένων και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει και να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ουσιαστικά οι διάφορες διαδικασίες που αποτελούν το υπό μελέτη σύστημα οδηγούν σε κάποιες εκροές, οι οποίες στη συνέχεια μεταφράζονται σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εκτίμηση των επιπτώσεων αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βασικά βήματα:

- κατηγοριοποίηση
- κανονικοποίηση
- εκτίμηση βελτιώσεων

#### 4.7 Κατηγοριοποίηση

Με την κατηγοριοποίηση ταξινομούνται οι εισροές και οι εκροές που έχουν καταγραφεί ανά στάδιο σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η κατηγοριοποίηση μπορεί να είναι ποιοτική, απλή δηλαδή αναφορά των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή ποσοτική. Στην περίπτωση της ποσοτικής κατηγοριοποίησης γίνεται χρήση συντελεστών. Η ποσοτική κατηγοριοποίηση οδηγεί σε περισσότερο σαφή και αξιολογήσιμα συμπεράσματα, ενώ η ποιοτική αποτελεί μία καταγραφή άμεσων και έμμεσων περιβαλλοντικών επιπτώσεων χωρίς ποσοτικά στοιχεία.

Η κατηγοριοποίηση έγκειται στο γεγονός ότι ένα φορτίο μπορεί να προκαλεί περισσότερες από μία περιβαλλοντικές επιπτώσεις για παράδειγμα το NO<sub>x</sub> μπορεί να συμβάλλει τόσο στο φαινόμενο του ευτροφισμού όσο και στο φαινόμενο της οξείνισης ή για παράδειγμα η παραγωγή ενέργειας δημιουργεί ταυτόχρονα εξάντληση των αποθεμάτων και εκπομπές ρύπων στον αέρα. Οι ρύποι αυτοί με τη σειρά τους σίγουρα συμβάλλουν σε διάφορα αρνητικά φαινόμενα, έμμεσα επομένως η χρήση ενέργειας προκαλεί ποικίλες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στην παρούσα μελέτη επιλέχτηκε ως εργαλείο για την εκτίμηση των επιπτώσεων οι περιβαλλοντικοί δείκτες ή όπως διεθνώς λέγονται “Eco-indicators”. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούν ισοδύναμες τιμές δυναμικού (Potentials) για να τεθούν σε μια κοινή βάση οι χημικές ενώσεις που επηρεάζουν τις δεδομένες κατηγορίες επιπτώσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις εμπλέκεται στις ισοδύναμες τιμές και η παράμετρος του χρόνου, όπως για παράδειγμα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι τιμές αυτές έχουν μεγάλη αξιοπιστία και είναι αποτέλεσμα πολλών

διεθνών ερευνών [46].

#### 4.8 Κανονικοποίηση

Στο στάδιο αυτό γίνεται προσπάθεια να σταθμιστούν κατάλληλα οι διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων, ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους. Κάτι τέτοιο είναι πραγματικά δύσκολο γιατί, πρέπει για παράδειγμα, να συγκριθεί ένα σύστημα που εμφανίζει αύξηση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με ένα άλλο που εμφανίζει πιο έντονο το πρόβλημα της καταστροφής του όζοντος. Το ερώτημα επομένως είναι: «ποιο από τα δύο συστήματα να επιλεγεί;».

Η σύγκριση και στη συνέχεια η ιεράρχηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι στην ουσία μια διαδικασία αποτίμησης αξιών. Εκφράζει κοινωνικές αξίες και προτιμήσεις. Χρησιμοποιούνται πολλά εργαλεία, που συχνά αναφέρονται ως θεωρητικές τεχνικές λήψης αποφάσεων, προκειμένου να λύσουν το πρόβλημα με μια προσέγγιση όσο το δυνατόν πιο ορθολογική. Οι προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν είναι ποσοτικές και ποιοτικές. Σε μια ποσοτική διαδικασία (π.χ πολυκριτηριακή ανάλυση) χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι συντελεστές για να επιτευχθεί τελικά άθροιση των ρύπων. Σε μια ποιοτική προσέγγιση του προβλήματος δεν γίνονται υπολογισμοί και μετρήσεις. Αυτό που συμβαίνει είναι να ορίζονται προτεραιότητες με βάση το δημόσιο συμφέρον. Το βέβαιο είναι ότι όποια μέθοδος και αν υιοθετηθεί το πεδίο έρευνας στο χώρο αυτό είναι σίγουρα πολύ μεγάλο.

Προκειμένου, λοιπόν, να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα και να γίνουν συγκρίσεις με άλλα μοντέλα, ακολουθεί η διαδικασία της κανονικοποίησης. Στην κανονικοποίηση εξάγονται αδιάστατοι αριθμοί, οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στη σύγκριση αφού στην ουσία αφαιρούν τις μονάδες και συγκρίνουν καθαρούς αριθμούς, απόλυτα μεγέθη.

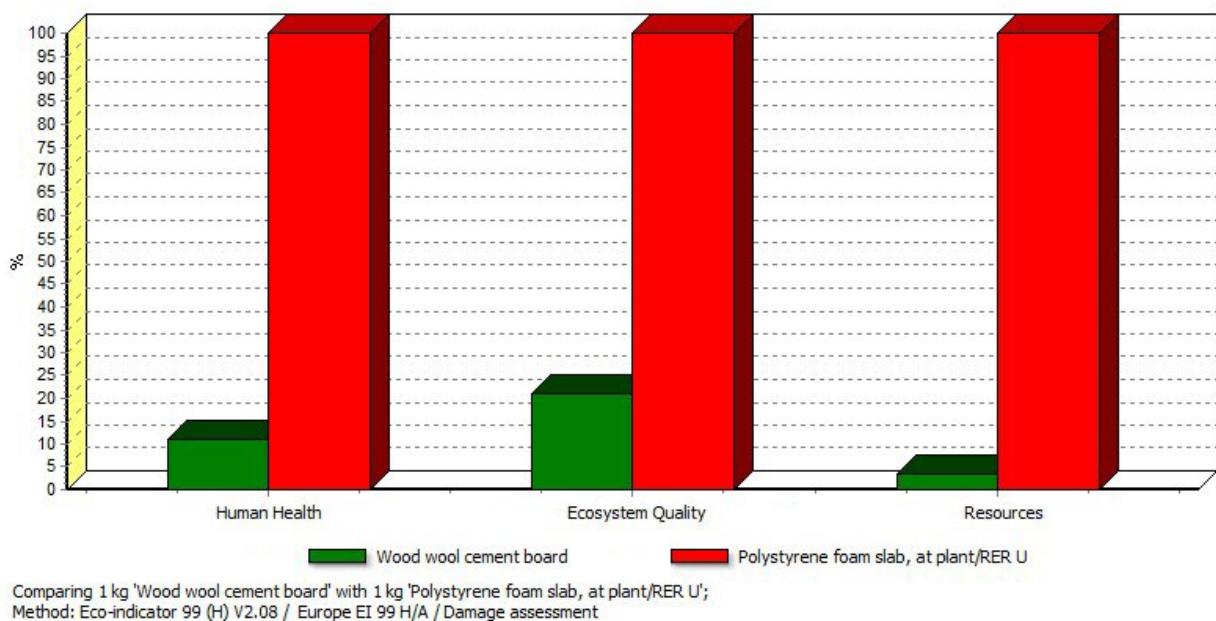
#### 4.9 Εκτίμηση βελτιώσεων

Στο στάδιο αυτό τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται ως βάση για τη λήψη αποφάσεων, που θα ωφελήσουν το περιβάλλον. Ο Οργανισμός Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) δίνει τον εξής ορισμό για την εκτίμηση των βελτιώσεων: «Η εκτίμηση των βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας και πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων. Η ανάλυση αυτή είναι δυνατό να περιέχει τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως αλλαγές στο προϊόν, στη διεργασία και στο σχεδιασμό, στη χρήση των πρώτων υλών, στη χρήση από τον καταναλωτή και στη διαχείριση των απορριμμάτων».

Η απογραφή δεδομένων έρχεται να αποκαλύψει σημεία που επιδέχονται βελτίωση π.χ. εντοπίζονται διεργασίες, στις οποίες έχουμε σημαντική κατανάλωση ενέργειας ή παραγωγής υγρών αποβλήτων. Οι μέθοδοι για την εκτίμηση των βελτιώσεων ποικίλλουν. Κοινό τόπο όλων αποτελεί η αρχή "ό,τι μπορεί να μετρηθεί μπορεί να διαχειριστεί και να βελτιωθεί".

#### 4.10 Αποτελέσματα

Έχοντας υπόψη μας τα χαρακτηριστικά των υλικών υπό μελέτη, κρίθηκε ενδιαφέρον να παρουσιαστούν αρχικά τα αποτελέσματα της ΑΚΖ για τα δύο μονωτικά υλικά με μονάδα σύγκρισης το 1 kg.

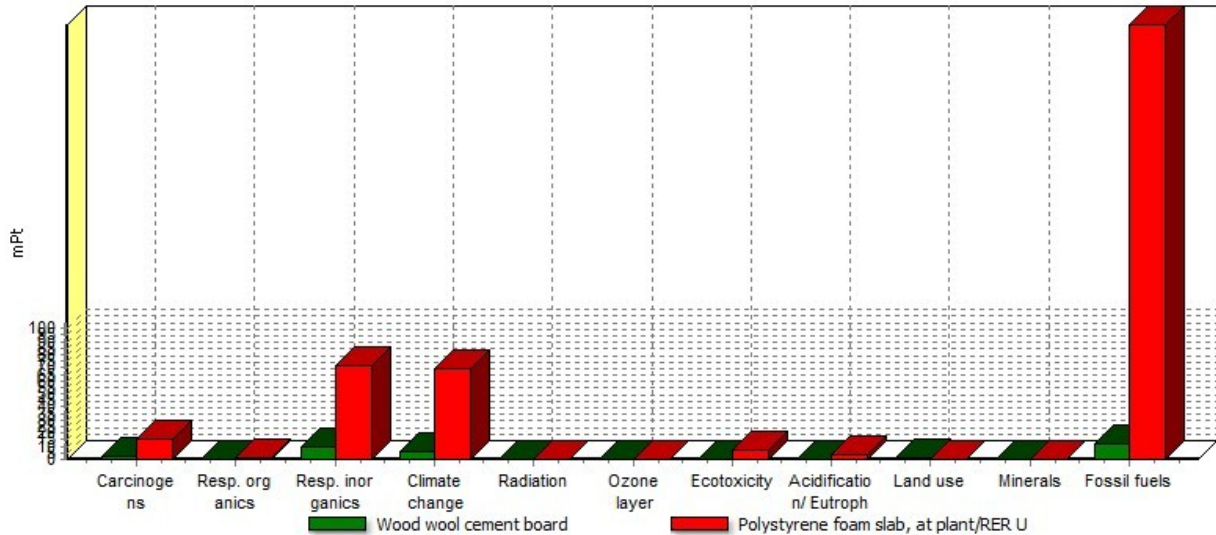


*Πίνακας 3: Αποτελέσματα Εκτίμησης Βλαβών (Damage)  
Σύγκριση 1 κιλού ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης*

Συγκρίνοντας ακέραιες ποσότητες των δύο υλικών, στο κύκλο της ζωής τους, όπως αυτός αναλύθηκε στην οριοθέτηση του συστήματος παραπάνω, είναι φανερό πως η πολυστερίνη αποτελεί ένα υλικό που επιφέρει περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στις τρεις κύριες κατηγορίες επιπτώσεων απωλειών. Συγκεκριμένα, στα αποτελέσματα στάθμισης (Πιν. 4), γίνεται αντιληπτή η εξάρτηση της διογκωμένης πολυστερίνης από τα ορυκτά καύσιμα, που είναι απαραίτητα για την παρασκευή της και η υψηλότερη συμμετοχή σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αφορούν κυρίως την παγκόσμια κλιματική αλλαγή αλλά ανόργανα εισπνεύσιμα και κατ'επέκταση αναπνευστικά προβλήματα, χειμερινή αιθαλομίχλη κ.α.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού κατά τον κύκλο ζωής όπως ορίστηκε στην παρούσα εργασία της διογκωμένης πολυστερίνης (Πιν. 5), ξεχωρίζει η παραγωγή κόκκων EPS για

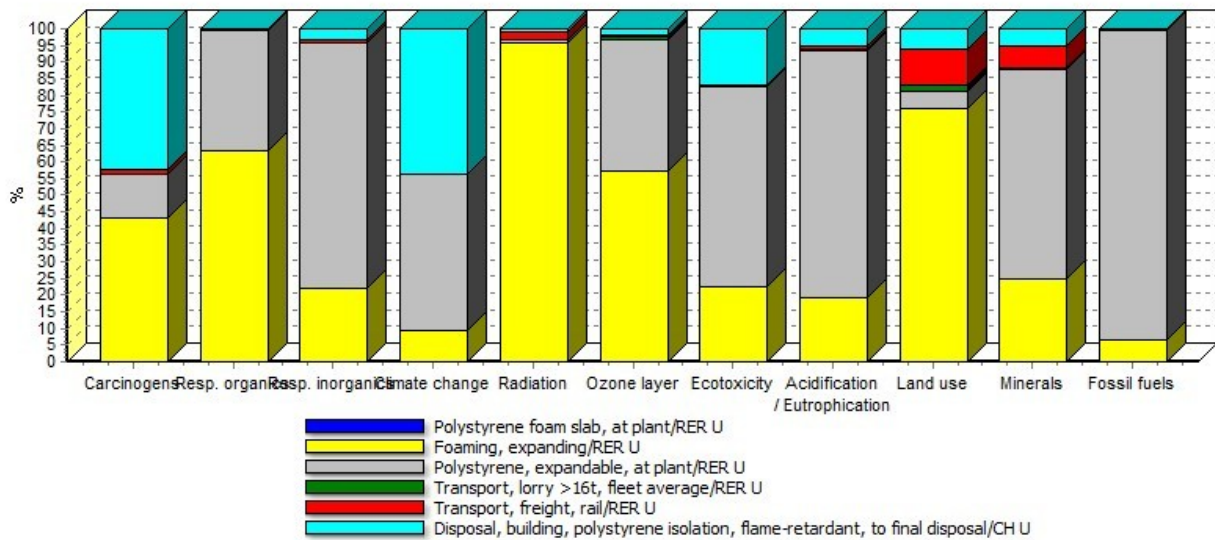
την κύρια ευθύνη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τόσο στην απώλεια ορυκτών καυσίμων όσο και στα ανόργανα εισπνεύσιμα. Η παραγωγική διαδικασία των της μετατροπής κόκκων EPS σε μονωτικές πλάκες ευθύνεται κυρίως για περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην κατηγορία της ακτινοβολίας και της χρήσης γης.



Comparing 1 kg 'Wood wool cement board' with 1 kg 'Polystyrene foam slab, at plant/RER U';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Weighting

*Πίνακας 4: Αποτελέσματα Στάθμισης  
Σύγκριση 1 κιλού ξυλόμαλλου και διογκωμένης πολυστερίνης*

Και η υγειονομική ταφή κατά τη τελική διάθεση του προϊόντος συνεισφέρει με περιβαλλοντικές επιπτώσεις κυρίως στις κατηγορίες της καρκινογένεσης, της κλιματικής αλλαγής αλλά και της οικοτοξικότητας.



Analyzing 1 kg 'Polystyrene foam slab, at plant/RER U';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Characterization

*Πίνακας 5: Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού 1 κιλού διογκωμένης πολυστερίνης*

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα με μονάδα σύγκρισης την απαραίτητη ποσότητα υλικού για σύστημα Εξωτερικής Θερμομόνωσης 1 τ.μ. σκυροδέματος. Σύμφωνα με τους υφιστάμενους θερμομονωτικούς κανονισμούς για την περιοχή της Θεσσαλονίκης (ζώνη Δ) το αναγκαίο πάχος μονωτικών πλάκων είναι ίσο με 6,5 εκ. στην περίπτωση της διογκωμένης πολυστερίνης και με 15 εκ. στην περίπτωση του ξυλόμαλλου (Σχ. 22).

Λόγω του υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας αλλά και της πυκνότητας των πλακών ξυλόμαλλου, η αναγκαία ποσότητα σε μονάδα μάζας για την επαρκή εξωτερική μόνωση 1 τ.μ. κατασκευής από σκυρόδεμα είναι 54 kg ενώ αντίστοιχα για την περίπτωση της διογκωμένης πολυστερίνης μόλις 1.95 kg.

Εφόσον η μόνωση ωφείλει να εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο σκοπό, δεν έχει νόημα να εξετάζονται τα μονωτικά προϊόντα με μονάδα μέτρησης ή σύγκρισης το 1 κιλό αλλά την αναγκαία ποσότητα. Έχοντας ορίσει το σύστημά, εισάγουμε τα δεδομένα των διεργασιών του στο πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν δίνουν μία σαφή εικόνα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την παραγωγή της λειτουργικής μονάδας για τα δύο προϊόντα. Η συνολική περιβαλλοντική αξιολόγηση προκύπτει με την εφαρμογή δεικτών κανονικοποίησης και συντελεστών βαρύτητας των μεθόδων Eco Indicator '99. Ενδιαφέρον έχει, να γίνει και η συσχέτιση με τα αποτελέσματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων με λειτουργική μονάδα το ένα κιλό των μονωτικών υλικών, γιατί έτσι αποσαφηνίζεται η σημασία της σωστής επιλογής της λειτουργικής μονάδας σε μια AKZ και των ορθών αποτελεσμάτων σε μια μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ 54 κιλών ξυλόμαλλου και 1.95 κιλών διογκωμένης πολυστερίνης σύμφωνα με το κύκλο ζωής που ορίστηκε παραπάνω (Σχ. 21, 24). Στον πίνακα 6, παρουσιάζονται οι τελικές τιμές χαρακτηρισμού για την συγκριτική αξιολόγηση των δύο προϊόντων. Φαίνεται ξεκάθαρα κι από το διάγραμμα που ακολουθεί, ότι λόγω της μεγάλης ποσότητας ξυλόμαλλου που είναι απαραίτητο για να μονώσει το ίδιο αποτελεσματικά, τα αποτελέσματα είναι εντελώς αντίθετα με ότι παρουσιάστηκε στο προηγούμενο στάδιο.

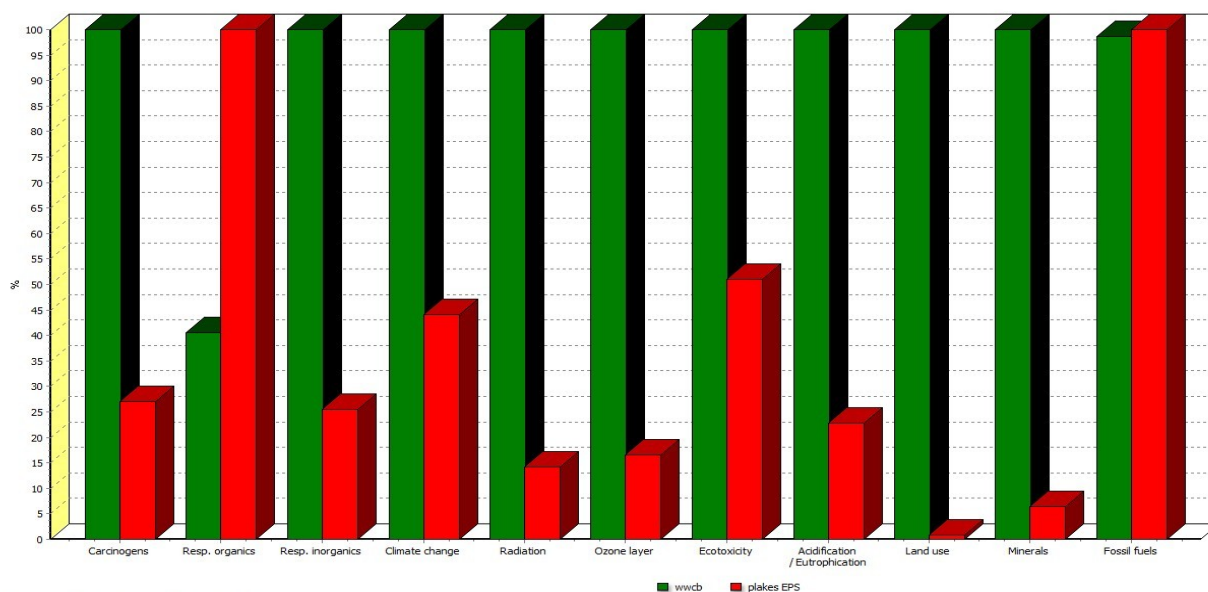
Ο κύκλος ζωής του ξυλόμαλλου, αποφέρει πολλαπλάσιες επιπτώσεις σε 9 από τις 11 περιβαλλοντικές κατηγορίες στις οποίες εκτιμώνται τα αποτελέσματα της AKZ. Σχολιάζοντας τις απόλυτες τιμές χαρακτηρισμού της AKZ, υπερτερεί και στα δύο υλικά η επίπτωση στην κατηγορία εξάντλησης ορυκτών καυσίμων. Με μικρή διαφορά προκαλούνται περισσότερες επιπτώσεις από την παραγωγή της διογκωμένης πολυστερίνης σε σχέση με τις πλάκες ξυλόμαλλου. Αυτό είναι αρκετά ενδιαφέρον, εάν αναλογιστούμε την μεγάλη συνεισφορά στην εξάντληση ορυκτών καυσίμων ήδη από τον κύκλο ζωής 1 κιλού EPS.

Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού ΑΚΖ

Impact category	Unit	wwcb	plakes EPS
Fossil fuels	MJ surplus	24,14	24,46
Minerals	MJ surplus	0,42	0,03
Land use	PDF*m2yr	0,98	0,01
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,43	0,1
Ecotoxicity	PAF*m2yr	3,8	1,94
Ozone layer	DALY	1,53E-009	2,53E-010
Radiation	DALY	1,02E-007	1,44E-008
Climate change	DALY	6,74E-006	2,97E-006
Resp. inorganics	DALY	1,22E-005	3,10E-006
Resp. organics	DALY	1,64E-008	4,04E-008
Carcinogens	DALY	2,49E-006	6,72E-007

*Πίνακας 6: Τιμές Χαρακτηρισμού  
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου*

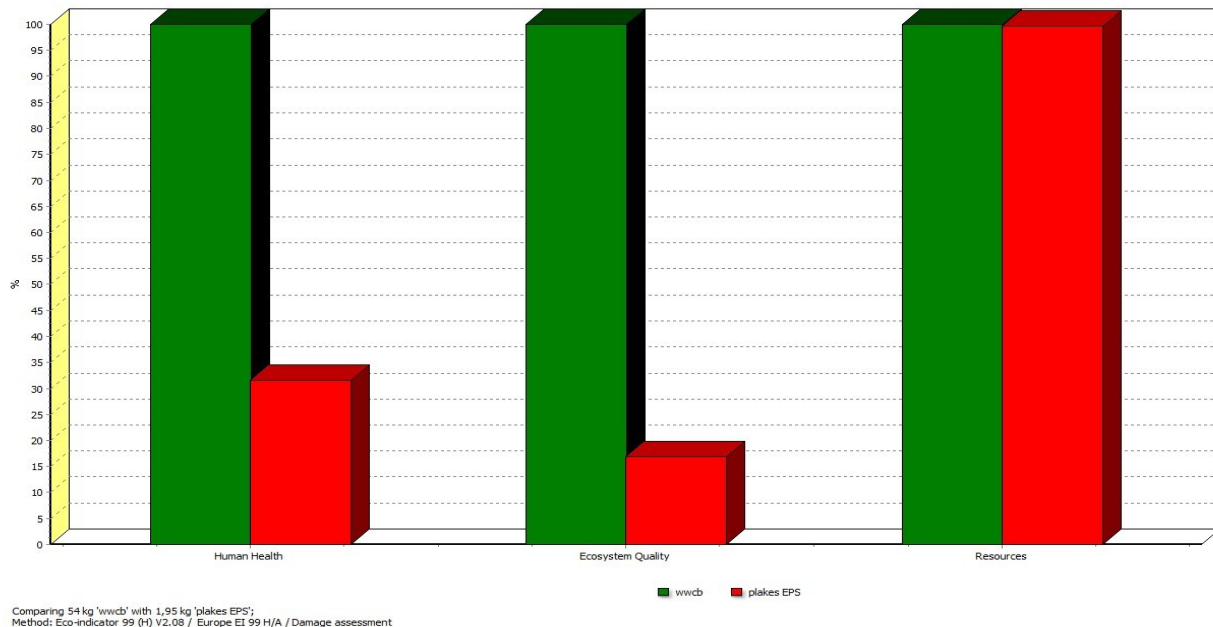
Στο παρακάτω διάγραμμα, εμφανίζεται με πράσινο χρώμα η συμμετοχή του κύκλου ζωής του ξυλόμαλλου και με κόκκινο των πλακών διογκωμένης πολυστερίνης στις 11 κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ξεχωρίζει η μεγάλη συμμετοχή και των δύο υλικών στην εξάντληση ορυκτών καυσίμων.



Comparing 54 kg 'wwcb' with 1,95 kg 'plakes EPS'  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Characterization

*Πίνακας 7: Αποτελέσματα Χαρακτηρισμού στις 11 κατηγορίες  
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου*

Δυστυχώς λόγω των κλειστών παραγωγικών διαδικασιών δεν είναι δυνατή η ακριβής επεξήγηση αυτής της συμμετοχής. Πάντως και για τα δύο υλικά, ευθύνεται η παραγωγική διαδικασία, και όχι οι επιμέρους διεργασίες του κύκλου ζωής, όπως η μεταφορά ή η τελική διάθεση (Πιν. 4, 5).

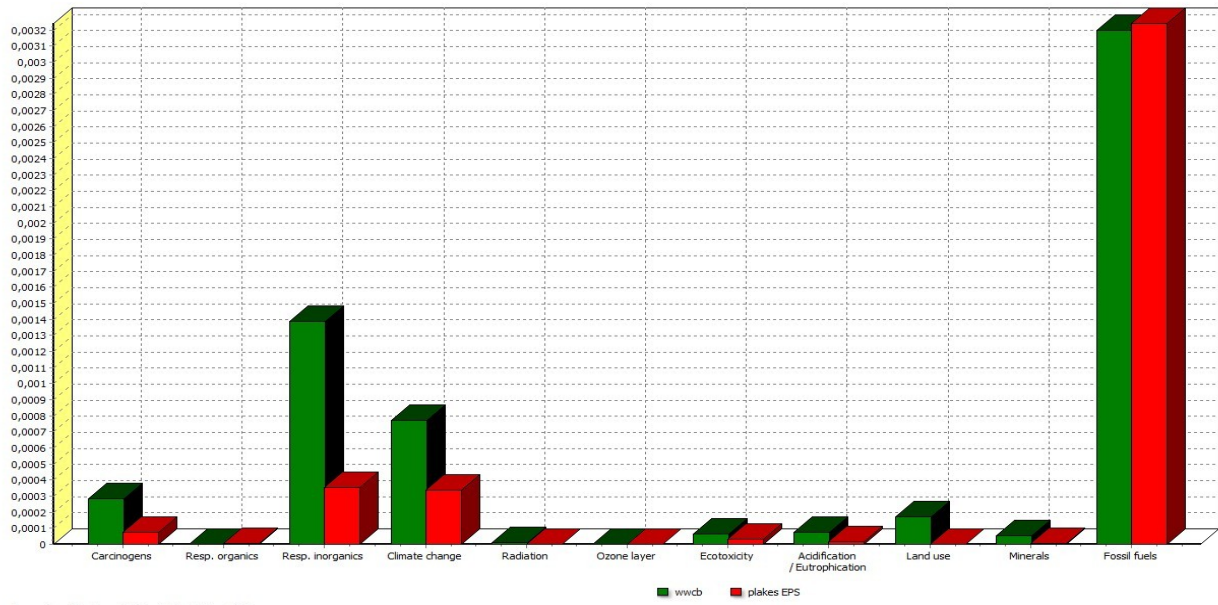


Πίνακας 8: Αποτελέσματα Εκτίμησης Απωλειών  
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου

### Αποτελέσματα Κανονικοποίησης

Η εξομάλυνση των αποτελεσμάτων της κανονικοποίησης δείχνει πιο καθαρά τη σημασία των αποτελεσμάτων των κύκλων ζωής που μελετώνται σε σχέση με τις γενικότερες επιπτώσεις των κατηγοριών. Αυτό σημαίνει ότι, όλες οι επιπτώσεις σταθμίζονται και παρουσιάζονται πιο ρεαλιστικά σε σύγκριση με τις επιπτώσεις του “μέσου πολίτη της Δυτικής Ευρώπης”. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται ξεκάθαρη η συμμετοχή των δύο μονωτικών υλικών στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ξεχωρίζει και εδώ σαν κύρια επίπτωση η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και για τα δύο υλικά. Οι επόμενες δύο κατηγορίες που παρουσιάζουν αυξημένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι τα εισπνεύσιμα ανόργανα και η κλιματική αλλαγή, στις οποίες οι πλάκες ξυλόμαλλου εμφανίζουν υψηλότερες τιμές. Σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες η συνεισφορά τόσο του ξυλόμαλλου όσο και της διογκωμένης πολυστερίνης ως μονωτικά υλικά είναι μικρή και θεωρείται αμελητέα.





Comparing 54 kg 'wwcb' with 1.95 kg 'plakes EPS';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Normalization

Πίνακας 9: Αποτελέσματα Κανονικοποίησης  
Σύγκριση 1.95 kg διογκωμένης πολυστερίνης και 54 kg ξυλόμαλλου

## 6. Συμπεράσματα

Η διαδικασία επιλογής υλικών είναι ένα κρίσιμο στάδιο για το σχεδιασμό βιώσιμων και μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά φιλικών κτιρίων. Η χρήση κατάλληλων εργαλείων αξιολόγησης μπορεί να αποτελέσει μια ισχυρή πηγή γνώσης, υποβοηθώντας τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και υποστηρίζοντας μια ορθή επιλογή, τόσο για τους κατασκευαστές όσο και για τους σχεδιαστές. Η μεθοδολογία της AKZ όπως αποδεικνύεται, είναι ένα τέτοιο εργαλείο, που επιτρέπει την αξιολόγηση των δομικών υλικών σε διάφορες κατασκευαστικές επιλύσεις και παρέχει σημαντικές συμπληρωματικές πληροφορίες για τη διαδικασία σχεδιασμού.

Τα αποτελέσματα μετά από τη συγκριτική ανάλυση δύο διαφορετικών επιλύσεων εξωτερικής θερμικής μόνωσης σε σχέση με την προέλευση του μονωτικού υλικού δείχνουν ότι η χρήση φυσικών υλικών στην μόνωση των κτιρίων συμβάλει αρνητικά στη συνολική απόδοση του λόγω της ανάγκης για μεγάλη ποσότητα μονωτικού υλικού. Η παραγωγική διαδικασία για τυποποιημένες μονωτικές πλάκες, παρουσιάζει μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και κατ'επέκταση η μεγαλύτερη μάζα υλικού ισοδυναμεί με αυξημένες επιπτώσεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, συνθετικά υλικά, που μπορεί κατά μοναδιαία τιμή να παρουσιάζουν αντίθετα αποτελέσματα, τελικά να είναι πιο αποδοτικά από τα φυσικά, τόσο κατά τη λειτουργία τους αλλά και κατά την παραγωγή και την τελική τους διάθεση.

Τα φυσικά προϊόντα μόνωσης έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών υλικών. Προέρχονται από ανανεώσιμους, οργανικούς πόρους και έχουν χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια. Μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν, και είναι πλήρως βιοδιασπώμενα. Είναι μη τοξικά και μη αλλεργιογόνα. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι επιτρέπουν την άδηλη αναπνοή των κτιρίων, με τη ρύθμιση της υγρασίας μέσω των απορροφητικών ιδιοτήτων τους, και συντελούν έτσι στη μείωση των προβλημάτων λόγω συμπύκνωσης της υγρασίας κρατώντας το εσωτερικό περιβάλλον άνετο και υγιές.

Δυστυχώς όμως, τα φυσικά υλικά μόνωσης είναι επί του παρόντος αρκετά αναποτελεσματικά, καθώς οι κανονισμοί θερμομόνωσης απαιτούν όλο και πιο αεροστεγείς κατασκευές με χαμηλότερες τιμές θερμοδιαπερατότητας για τις νέες και υφιστάμενες κατασκευές. Έτσι η χρήση τους σαν αυτούσια επιλογή μόνωσης είναι απαγορευτική για τις οικοδομικές επιχειρήσεις, τους αρχιτέκτονες και σχεδιαστές.

Παρά το γεγονός ότι το ξυλόμαλλο περιλαμβάνει σήμερα μια υψηλότερη αρχική επένδυση και συγκριτικά με τη διογκωμένη πολυστερίνη υψηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, παραμένει ένα

φυσικό υλικό που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Θα πρέπει να εξεταστεί ως μια επένδυση με μακροπρόθεσμη αποπληρωμή, ιδίως αν συμπεριληφθεί η ανάγκη προστασίας αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, η μεγάλη του αντοχή στο χρόνο (σχεδόν διπλάσιος χρόνος ζωής) και οι χαμηλές εκπομπές ρύπων. Καινούργια υλικά που ήδη κυκλοφορούν στην αγορά προτείνουν το συνδυασμό παλαιότερων μονωτικών υλικών. Μία τέτοια προοπτική, μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία ενός πιο κατάλληλου υλικού, με τα ωφέλη της χρήσης πρώτων υλών φυσικής προέλευσης, από ανανεώσιμες πηγές αλλά και με τα πλεονεκτήματα της τεχνολογικής προόδου και ισχυρών συνθετικών ινών που εξασφαλίζουν αποτελεσματική μόνωση στο κτίριο.

Εν κατακλείδι, πρέπει να αναγνωριστεί ότι η μόνωση των κτιρίων εξοικονομεί πάνω από 100 φορές τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή και διάθεση των προϊόντων που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση. Σε σύγκριση με αυτό και τις εγγενείς αβεβαιότητες στην ΑΚΖ, οι διαφορές μεταξύ των δύο προς έρευνα προϊόντων είναι μικρής περιβαλλοντικής σημασίας. Ως εκ τούτου, το κύριο συμπέρασμα που φαίνεται από την μελέτη είναι ότι η ποιότητα και η σε σχέση με τους κανονισμούς και τις εξωτερικές συνθήκες καταλληλότητα ενός προϊόντος μόνωσης είναι η πιο σημαντική πτυχή του κύκλου ζωής των υλικών αυτών.

## Βιβλιογραφία

- [1] European Commission Directorate - General for Energy and Transport. EU Energy in Figures 2009 - Greenhouse Gas Emissions by Sector. European Communities, 2009.
- [2] European, Environmental, Agency, (EAA), Technical Report: Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990-2005 and Inventory Report 2007., (2007).
- [3] OECD/IEA, Energy Balances of OECD Countries. www.iea.org, 2006.
- [4] J.L. Míguez, J. Porteiro, L.M. López-González, J.E. Vicuña, S. Murillo, J.C. Morán, E. Granada, Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews 10(2006) 24-45.
- [5] A.P. Arena, C. de Rosa, Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza-- Argentina, Building and Environment 38(2003) 359-368.
- [6] M. Asif, T. Muneer, R. Kelley, Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland, Building and Environment 42(2007) 1391-1394.
- [7] C. Thormark, The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building, Building and Environment 41(2006) 1019-1026.
- [8] A.S. Nordby, Salvageability of building materials: reasons, criteria and consequences regarding architectural design that facilitate reuse and recycling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2009.
- [9] M.S. Al-Homoud, Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials, Building and Environment 40/3 (2005) 353-366.
- [10] C.A. Balaras, A.G. Gaglia, E. Georgopoulou, S. Mirasgedis, Y. Sarafidis, D.P. Lalas, European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, Building and Environment 42(2007) 1298-1314.
- [11] C. Koroneos, A. Dompros, Environmental assessment of brick production in Greece, Building and Environment 42(2007) 2114-2123.
- [12] G. Assefa, M. Glaumann, T. Malmqvist, B. Kindembe, M. Hult, U. Myhr, O. Eriksson,

Environmental assessment of building properties--Where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect, *Building and Environment* 42(2007) 1458-1464.

- [13] E. Colomba, P. Neri, F. Peron, Energy refurbishment and LCA assessment of a 1970s typical Italian school, ELCAS2, Nisyros, Greece, 2011.
- [14] G. Safouri, C. Giarma, D. Bikas, Upgrading the energy performance of a simple building: analysis of life-cycle aspects, ELCAS2 Nisyros, Greece, 2011.
- [15] I.Z. Bribián, A.V. Capilla, A.A. Usón, Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential, *Building and Environment* 46(2011) 1133-1140.
- [16] A. Schmidt, A. Jensen, A. Clausen, O. Kamstrup, D. Postlethwaite, A comparative Life Cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax, *The International Journal of Life Cycle Assessment* 9(2004) 53-66.
- [17] D. Anastaselos, E. Giama, A.M. Papadopoulos, An assessment tool for the energy, economic and environmental evaluation of thermal insulation solutions, *Energy and Buildings* 41(2009) 1165-1171.
- [18] I. Zabalza, A. Aranda, S. Scarpellini, S. Diaz, Life cycle assessment in building sector: state of the art and assessment of environmental impact for building materials, ELCAS, Nisyros, Greece, 2009.
- [19] A.M. Papadopoulos, E. Giama, Environmental performance evaluation of thermal insulation materials and its impact on the building, *Building and Environment* 42(2007) 2178-2187.
- [20] S. Lucas, V.M. Ferreira, Selecting insulating building materials through an assessment tool, CESB10, Portugal, 2010, pp. 745 - 751.
- [21] B.V. Venkatarama Reddy, K.S. Jagadish, Embodied energy of common and alternative building materials and technologies, *Energy and Buildings* 35(2003) 129-137.
- [22] A. Dimoudi, C. Tompa, Energy and environmental indicators related to construction of office buildings, *Resources, Conservation and Recycling* 53(2008) 86-95.
- [23] A. Karamanos, E. Giama, S. Chadiarakou, A.M. Papadopoulos, Comparative evaluation of stone wool and extruded polystyrene, HELECO, Athens, 2006.
- [24] J. Harris, B. Rumack, F. Aldrich, Toxicology of Home Insulation Foams, *JAMA* 245, 1981

- [25] A.M. Papadopoulos, State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments, *Energy and Buildings* 37(2005) 77-86.
- [26] B. Berge, C. Butters, F. Henley, *The ecology of building materials*, Elsevier/Architectural Press, Amsterdam, 2009.
- [27] Σ. Πλωμαρίτης, *Η αγορά των θερμομονωτικών υλικών στην Ελλάδα*, 2009.
- [28] EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene. *EPS the Environmental Truth*, (2002).
- [29] V. Briard, Implementing life cycle thinking in a multi-national company, PE INTERNATIONAL Annual Symposium, Stuttgart 2010.
- [30] E. Johansson, *Woodwool Slabs - Manufacture, Properties and Use*, *Building Issues* 6, 1994.
- [31] Information on: <http://www.knaufinsulation.com/>
- [32] G.J. Van\_Elten, Production of Wood Wool Cement Board and Wood Strand Cement Board (eltoboard) on one plant and applications of the products, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo - Brazil, 2006.
- [33] KNAUF, Declaration environnementale et sanitaire conforme - fibrafutura CB 25mm, (2007).
- [34] Information on: <http://www.eumeps.org/>
- [35] Information on: <http://www.monotez.com>.
- [36] Information on: <http://www.answers.com>
- [37] Information on: <http://www.plasticseurope.org/>.
- [38] M. Schmidt, *Standards and thresholds for impact assessment*, Springer Verlag, Berlin, 2008.
- [39] Ε.Α. Γιάμα, *Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων στην Ελλάδα*, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Ενεργειακός Τομέας, 2009.
- [40] J.A. Todd, u. Crawley, S. Geissler, G. Lindsey, Comparative assessment of environmental performance tools and the role of the Green Building Challenge, *Building Research and Information* 29(2001) 324-335.
- [41] SETAC, *Guidelines for Life Cycle Assessment: A code of practise*, Society of

- Environmental Toxicology and Chemistry, Washington DC, 1993.
- [42] SETAC, Guidelines for Life Cycle Assessment: A code of practise, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Washington DC, 1991.
- [43] J.B. Guinée, R. Heijungs, G. Huppes, A. Zamagni, P. Masoni, R. Buonamici, T. Ekvall, T. Rydberg, Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future†, Environmental Science & Technology 45(2010) 90-96.
- [44] Pré, Consultants, The Eco Indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for designers, Third Edition. www.pre.nl, (2001).
- [45] J.B. Guinée, H.A. Udo de Haes, G. Huppes, Quantitative life cycle assessment of products : 1:Goal definition and inventory, Journal of Cleaner Production 1(1993) 3-13.
- [46] SAIC, Life Cycle Assessment: Principles and Practice, Scientific Applications International Corporation, Cincinnati, Ohio, (2006).
- [47] W. Trusty, S. Horst, LCA Tools Around the World, Building Design & Construction 56, (2005) 12-15.
- [48] B. Berge, C. Butters, F. Henley, The ecology of building materials, Elsevier/Architectural Press, Amsterdam, 2009.
- [49] I. Zabalza Bribián, A. Aranda Usón, S. Scarpellini, Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification, Building and Environment 44(2009) 2510-2520.
- [50] O. Ortiz, F. Castells, G. Sonnemann, Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA, Construction and Building Materials 23(2009) 28-39.
- [51] T. Wayne, H. Scot, LCA tools around the world, Building Design & Construction, 2005, pp. 12-15.
- [52] Hans-Jörg Althaus, Mischa Classen, Philipp Thalmann, Insulation Products and Processes - Final report of the project of a National Life Cycle Inventory Database "ecoinvent 2000" Dübendorf, 2007.

## Κατάλογος Συντμήσεων

DALY	Disability Adjusted Life Years
DIN	Deutsches Institut für Normung
EEA	European Economic Area
EPS	Expanded Polystyrene
FMO	Financial Mechanism Office
ISO	International Organization for Standardization
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
AKZ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΟΠΠ	Ολοκληρωμένη Πολιτική Προϊόντων
ΣΑ	Συστήματα Αξιολόγησης
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής



## **Παράρτημα Α: Διαργασίες της βάσης δεδομένωνecoinvent**

Διογκωμένη πολυστερίνη

## **4.5 Polystyrene Foam Slab (EPS)**

### **4.5.1 Process Description**

Polystyrene foam slabs are produced by thermoforming of expandable polystyrene (EPS). This process is described in Hischer (2007).

Basically the expandable polystyrene is heated and formed. The pentane evaporates in this process and builds the foam.

### **4.5.2 Polystyrene Foam Slab (EPS) in ecoinvent**

The production of polystyrene foam slabs is modelled by combining the modules "polystyrene, expandable, at plant" and "foaming, expanding" from Hischer (2007).

Since in Hischer (2007) 1 kg "foaming, expanding" relates to the input of 1 kg EPS and 4.15% of the input is disposed as waste, 1.0415 kg of EPS has to be inventoried to produce 1 kg polystyrene slab. The recycling or disposal of the 0.0415 kg polystyrene waste is inventoried in the "forming, expanding" module.

The ecoinvent meta-information for the polystyrene foam slab production is given in Tab. 4.20 and the inputs and output flows for "polystyrene foam slab, at plant" are shown in Fig. 4.16.

#### **Data Quality**

Since only one material and one processing modules of ecoinvent are combined, the values are certain.

The data quality for the polystyrene foam is thus the same as the data quality for EPS and for the thermoforming process (see Hischer (2007)).

Tab. 4.20ecoinvent meta information for the polystyrene foam slab production

<b>Name</b>	<b>polystyrene foam slab, at plant</b>
Location	RER
Infrastructure Process	0
Unit	kg
Data Set Version	2.0
Included Processes	Includes production and thermoforming of EPS
Amount	1
Local Name	Polystyrolplatte expandiert, ab Werk
Synonyms	
General Comment to reference function	Combination of material and processing module. EPS foam slab has a density of 30 kg/m <sup>3</sup> and a thermal conductivity of 0.035-0.04 W/mK.
Start Date	2003
End Date	2003
Data Valid For Entire Period	1
Other Period Text	
Geography text	
Technology text	European average EPS production; thermoforming from 2 Factories in Switzerland
Representativeness [%]	
Production Volume	unknown
Sampling Procedure	none
Extrapolations	none
Uncertainty Adjustments	none

Part XIV: Insulation Products and Processes

General Flow information				Representation in ecoinvent					Uncertainty					
Input	Process Name	Output	Remarks	Category	Sub category	Infra structure	Location	Module name in ecoinvent	Mean value	Unit	Source mean value	Type	StdY 95%	General Comment
EPS	polystyrene foam slab, at plant	EPS foam	foaming relates to 1 kg output. Thus input is higher to account for waste (which is disposed in the thermoforming module)	plastics	polymers	No	RER	polystyrene, expandable, at plant	1.04E+00 kg		Hischer 2003	1	1.00	uncertainties in the combined modules > no uncertainty
thermoforming EPS				plastics	processing	No	RER	foaming, expanding	1.00E+00 kg		Hischer 2003			1
				insulation materials	production	No	RER	polystyrene foam slab, at plant	1.00E+00 kg					

Fig. 4.16 Flows for "polystyrene foam slab, at plant" and their representation in the ecoinvent database

Ξυλόμαλλο

10 Wood boards based on round wood

**10.3 Wood wool board**

Wood wool is produced mainly from spruce by machines similar to planing machines. The shavings are 0.03 to 0.5 mm thick and usually 2 mm wide. The input wood has to be dry ( $u < 20-30\%$ ) and its length usually is around 50 cm.

Wood wool is mainly used as packing material and as raw material for wood wool boards.

Wood wool boards are mineral bond low density ( $360-570 \text{ kg/m}^3$ ) boards. They are used for light wall elements, as insulation material (thermal ( $0.08 < \lambda < 0.14 \text{ W/m}$ ) and sound) for walls, floors and ceilings or as lost shuttering panels.

**10.3.1 Wood wool board in ecoinvent database**

The allocation of the burdens to the different outputs of the wood wool production is proposed according to the economic return of the products. Because both, the amount and the value of the industrial residue wood are small compared to those of wood wool, the allocation factor gets zero.

The economic allocation can't respect the mass and energy balance of the products. Therefore, correcting modules are defined that can add or subtract the CO<sub>2</sub> uptake and the resource (wood and solar energy) consumption from nature. They are used as shown in the example in Fig. 5.2:

The background information to the processes are given in Tab. 10.3, flows are shown in:

- wood wool production,  $u=20\%$   
 Outputs:
  - wood wool,  $u=20\%$ , at plant
  - industrial residue wood, wood wool production, softwood,  $u=20\%$ , at plant Fig. 10.7
- wood wool boards, cement bonded, at plant Fig. 10.8

The energy consumption of the wood wool board production process is confidential and therefore not shown.

**10.3.2 Data quality**

Data quality is assessed using the pedigree matrix as described in (Frischknecht et al. 2007)

There might be considerable variations between different wood wool and wood wool board plants. The processes however are basically the same. Thus overall data quality is thought to be good.

10 Wood boards based on round wood

Tab. 10.3 Ecoinvent meta information for the wood wool board production processes

Name	wood wool production, u=20%	wood wool boards, cement bonded, at plant
Location	RER	RER
Infrastructure Process	0	0
Unit	kg	m <sup>3</sup>
Data Set Version	2.0	2.0
Included Processes	Includes all processes of wood wool production from industrial softwood (debarked), including air drying (from u=70 - 20%), external and internal transports, suction, air compression, sawmill production	Includes the inputs to the production processes, transports of those inputs. No process emission data are available.
Amount	1	1
Local Name	Holzwoleproduktion, u=20%	Holzwole-Leichtbauplatte, zementgebunden, ab Werk
Synonyms	Fichte, Verpackungsmaterial//Spruce, packaging material	Fichte, Europanel//Spruce
General Comment to reference function	Covers high quality wood wool without shives. The multi-output process "wood wool production, u=20%" delivers the two coproducts "wood wool, u=20%, at plant" and "industrial residue wood, wood wool production, softwood, u=20%, at plant". Allocation is based on the over-all proceeds of the process.	density of wood wool boards differs considerably (360-570 kg/m <sup>3</sup> )
Start Date	2002	1989
End Date	2002	2002
Data Valid For Entire Period	1	1
Other Period Text		
Geography text	Data from the only Swiss wood wool production plant used for central Europe	Swiss energy data. Production data based on composition from literature. Used for central Europe
Technology text	Medium enterprise technology (2000)	Medium enterprise technology (2000); data stemming from various sources
Representativeness [%]		
Production Volume	unknown	unknown
Sampling Procedure	personal communication	Literature, personal communication
Extrapolations	see Geography and Technology	see Geography and Technology
Uncertainty Adjustments	The assumption that the technology is representative for central Europe is considered in the uncertainties.	The assumption that the technology is representative for central Europe is considered in the uncertainties.

10 Wood boards based on round wood

General Flow Information			Representation in ecoinvent				Uncertainty information										
Input	Process Name	Output	Allocation	source allocation	Remarks	Category	Sub category	Infra structure	Location	Module name in ecoinvent	Mean value	Unit	Source mean value	Type	SDiv 95%	General Comment	
Industrial wood spruce debarked, at forest road (u=70%)	wood wool production, u=20%	Wood wool, at plant (u=20%)			Data from the only Swiss wood production plant. Shrinkage from drying is included.	wooden materials	extraction	No	RER	industrial residue wood, softwood; forest-debarked, u=70%, at plant.	2,12E-03	m3	Lindner Produktions AG, Wattwil (2002); Hr. Wildhaber; www.lindner.ch ; Fax: 071/987 61 59	1	1.12	(1,4,1,3,1,1,2)	
Electricity					contains all processes incl. internal transport, extraction, air conditioning, sawmill production; average years 2000 and 2001	electricity	production mix	No	UCTE	electricity, medium voltage, production UCTE, at grid	5,92E-02	kWh	Lindner Produktions AG, Wattwil (2002); Tschannenbucher Holztechnologie, s. p. 443	1	1.12	(1,4,1,3,1,1,2)	
Transport rail					Wood: 100 km	transport systems	train	No	RER	transport, freight, rail	1,62E-01	tkm		estimated	1	2.09	(4,5,0,5,0,5,0,5,0,5)
Transport lorry					50 km transport distance	transport systems	road	No	RER	transport, lorry > 16t, fleet average	8,11E-02	tkm		estimated	1	2.09	(4,5,0,5,0,5,0,5,0,5)
plant					Sawmill used as proxy	wooden materials	extraction	Yes	RER	Sawmill	8,48E-10	unit		estimated	1	3.36	(4,5,2,3,4,5,9)
Softwood, allocation correction				100% to wood wool		add 7 subtracts the amount of CO2 uptake, resource consumption and embodied energy that is lacking / too much according to economic allocation	wooden materials	extraction	No	RER	softwood, allocation correction, 1	-9,26E-05	m3	calculated	1	1.00	calculated correction term
Softwood, allocation correction				100% to saw dust			wooden materials	extraction	No	RER	softwood, allocation correction, 2	9,26E-05	m3	calculated	1	1.00	calculated correction term
			Waste heat into air		2,2 CHF/188 revenue: 2,2 CHF; 2,2012 CHF; alloc. factor: 1,0		wooden materials	extraction	No	RER	wood wool, u=20%, at plant	1,00E-00	kg	Lindner Produktions AG, Wattwil (2002)			
					estimation after Wiener 2002; based on Gutschi 2001 (value increased by 1,8) based on wood wool u=40% due to lower CHF; alloc. factor: (Vie Hr.-407 (2002))		wooden materials	extraction	No	RER	industrial residue wood, wood wool production, softwood, u=20%, at plant.	9,26E-05	m3	Lindner Produktions AG, Wattwil (2002)			
							air	unspecified			Heat, waste	5,92E-02	MJ	Lindner Produktions AG, Wattwil (2002)		1.12	(1,4,1,3,1,1,2)

Fig. 10.7 Flows for "wood wool production, u=20%" and its representation in the ecoinvent database

10 Wood boards based on round wood

General Flow Information			Representation in ecoinvent						Uncertainty information						
Input	Process Name	Output	Category	Sub category	Infra structure	Loca tion	Modul name in ecoinvent	Mean value	Unit	Source mean value	Type	SDv- 95%	General Comment		
Wood wool, at plant (u=20%)	Wood wool boards, cement bonded, at plant	Wood wool boards, cement bonded, at plant	wooden materials	extraction	No	RER	wood wool, uz20%, at plant	1.50E+02	kg	Schlievind 1989, p. 197 ff.	1	1.24	(1,4,-4,3,1,1,4)		
Portland Cement			construction materials	binder	No	CH	cement, unspecified, at plant	2.15E+02	kg	Schlievind 1989, p. 197 ff.	1	1.24	(1,4,-4,3,1,1,4)		
Process and cooling water			resource	in water				Water, cooling, unspecified natural origin	2.89E-01	m3	Schlievind 1989, p. 197 ff.	1	1.24	(1,4,-4,3,1,1,4)	
Organic chemicals			chemicals	chemicals partly during drying	organics	No	GLO	chemicals organic, at plant	7.00E+00	kg	Schlievind 1989, p. 197 ff.	1	1.24	(1,4,-4,3,1,1,4)	
Electricity			electricity	confidential	electricity	production mix	No	UCTE	electricity, medium voltage, production UCTE, at grid	confidential	kWh	CEVAG Düdingen, Herr Kurzo, Tel. 026 492 94 50	1	1.12	(1,-4,-1,3,1,1,12)
Thermal heat from oil firing extra light			oil	confidential	oil	heating systems	No	RER	heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW	confidential	MJ	CEVAG Düdingen, Herr Kurzo, Tel. 026 492 94 50	1	1.12	(1,-4,-1,3,1,1,1)
Transport rail			transport systems	Chemicals: 600 km, cement: 100 km, wood: 0 km	transport systems	train	No	RER	transport, freight, rail	2.57E-01	tkm	estimated	1	2.09	(4,5,nA,nA,nA,nA,5)
Transport lorry			transport systems	Chemicals & cement: 100 km, wood: 0 km	transport systems	road	No	RER	transport, lorry -16t, fleet average	2.22E-01	tkm	estimated	1	2.09	(4,5,nA,nA,nA,nA,5)
plant			wooden materials	medium density 450 kg/m3 (360 kg/m3)	wooden materials	extraction	Yes	RER	wooden board manufacturing plant, cement bonded boards	4.00E-07	unit	estimated	1	3.36	(4,5,2,3,4,5,9)
			air	Waste heat into air	air	unspecified	No	RER	wood wool boards, cement bonded, at plant	1.00E-00	m3				
							Heat, waste	3.29E-01	MJ	calculated	1	1.12	(1,4,-1,3,1,1,13)		

Fig. 10.8 Flows for "wood wool boards, cement bonded, at plant" and its representation in the ecoinvent database



## **Παράρτημα Β: Κατάλογος απογραφής κύκλου ζωής – LCI**

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

No	Substance	Compartment	Unit	Total	EPS – expanding	EPS – expandable	Transport – lorry	Transport – rail	Disposal
1	1-Butanol	Air	kg	9,55E-015	4,78E-015	5,81E-016	2,01E-015	1,40E-015	7,69E-016
2	1-Butanol	Water	kg	1,43E-010	2,22E-011	3,18E-011	5,48E-011	1,99E-012	3,21E-011
3	1-Pentanol	Air	kg	2,48E-014	1,94E-014	1,06E-015	1,61E-015	1,47E-015	1,29E-015
4	1-Pentanol	Water	kg	5,95E-014	4,65E-014	2,54E-015	3,87E-015	3,53E-015	3,09E-015
5	1-Pentene	Air	kg	1,87E-014	1,46E-014	7,99E-016	1,22E-015	1,11E-015	9,72E-016
6	1-Pentene	Water	kg	4,50E-014	3,51E-014	1,92E-015	2,93E-015	2,66E-015	2,33E-015
7	1-Propanol	Air	kg	2,40E-011	2,29E-011	2,12E-013	1,24E-013	5,93E-013	1,74E-013
8	1,4-Butanediol	Air	kg	5,20E-013	1,23E-013	1,02E-013	1,79E-013	1,14E-014	1,04E-013
9	1,4-Butanediol	Water	kg	2,08E-013	4,92E-014	4,09E-014	7,18E-014	4,55E-015	4,16E-014
10	2-Aminopropanol	Air	kg	4,13E-015	1,67E-015	1,36E-016	9,86E-016	1,09E-015	2,55E-016
11	2-Aminopropanol	Water	kg	1,04E-014	4,18E-015	3,41E-016	2,48E-015	2,74E-015	6,40E-016
12	2-Butene, 2-methyl-	Air	kg	4,16E-018	3,25E-018	1,77E-019	2,70E-019	2,46E-019	2,16E-019
13	2-Methyl-1-propanol	Air	kg	4,96E-014	3,72E-014	2,05E-015	4,04E-015	3,71E-015	2,60E-015
14	2-Methyl-1-propanol	Water	kg	1,19E-013	8,93E-014	4,92E-015	9,69E-015	8,90E-015	6,25E-015
15	2-Methyl-2-butene	Water	kg	9,98E-018	7,80E-018	4,25E-019	6,49E-019	5,91E-019	5,17E-019
16	2-Nitrobenzoic acid	Air	kg	7,20E-015	2,79E-015	2,34E-016	1,77E-015	1,96E-015	4,47E-016
17	2-Propanol	Air	kg	8,01E-009	8,60E-010	1,89E-009	3,25E-009	1,07E-010	1,90E-009
18	2-Propanol	Water	kg	5,53E-014	3,00E-014	4,54E-015	8,13E-015	9,97E-015	2,65E-015
19	2,4-D	Soil	kg	4,32E-011	3,44E-011	1,47E-012	4,03E-012	1,22E-012	2,07E-012
20	4-Methyl-2-pentanone	Water	kg	2,30E-014	1,00E-014	2,01E-015	6,37E-015	1,85E-015	2,75E-015
21	Acenaphthene	Air	kg	2,15E-012	2,07E-012	1,65E-014	3,80E-015	4,57E-014	1,23E-014
22	Acenaphthene	Water	kg	5,61E-011	4,90E-011	1,83E-012	2,61E-012	1,30E-012	1,29E-012
23	Acenaphthylene	Water	kg	3,51E-012	3,07E-012	1,14E-013	1,63E-013	8,13E-014	8,06E-014
24	Acetaldehyde	Air	kg	1,24E-006	1,07E-006	2,25E-008	7,87E-009	1,82E-008	1,21E-007
25	Acetaldehyde	Water	kg	3,07E-010	4,59E-011	5,89E-011	1,02E-010	3,95E-011	5,98E-011
26	Acetic acid	Air	kg	4,47E-006	4,28E-006	1,60E-008	1,32E-008	2,82E-008	1,32E-007
27	Acetic acid	Water	kg	1,36E-008	5,85E-009	4,22E-010	8,12E-010	9,07E-010	5,58E-009
28	Acetone	Air	kg	1,08E-006	1,05E-006	1,19E-008	4,65E-009	5,75E-009	6,12E-009
29	Acetone	Water	kg	3,47E-012	1,38E-012	1,15E-013	8,43E-013	9,22E-013	2,17E-013
30	Acetonitrile	Air	kg	1,29E-010	1,03E-010	4,36E-012	1,20E-011	3,65E-012	6,16E-012
31	Acetonitrile	Water	kg	3,41E-014	1,32E-014	1,10E-015	8,37E-015	9,28E-015	2,11E-015
32	Acetyl chloride	Water	kg	4,68E-014	3,65E-014	1,99E-015	3,04E-015	2,77E-015	2,43E-015
33	Acidity, unspecified	Water	kg	1,59E-005	2,20E-009	1,59E-005	4,16E-010	9,51E-011	3,85E-010
34	Acлонifen	Soil	kg	6,20E-011	2,39E-011	1,99E-012	1,53E-011	1,69E-011	3,83E-012
35	Acrolein	Air	kg	1,83E-009	1,32E-010	1,68E-009	2,96E-012	6,09E-012	7,69E-012
36	Acrylate, ion	Water	kg	4,93E-011	5,48E-012	1,15E-011	1,99E-011	6,62E-013	1,17E-011
37	Acrylic acid	Air	kg	2,08E-011	2,31E-012	4,88E-012	8,42E-012	2,80E-013	4,92E-012
38	Actinides, radioactive, unspecified	Air	Bq	0	0	2,15E-006	1,21E-006	5,08E-006	1,79E-006
39	Actinides, radioactive, unspecified	Water	Bq	0,04	0,04	0	0	0	0
40	Aerosols, radioactive, unspecified	Air	Bq	0,01	0,01	4,46E-005	1,28E-005	0	3,39E-005
41	Aldehydes, unspecified	Air	kg	1,16E-008	1,01E-008	1,43E-010	1,31E-010	2,84E-010	9,63E-010
42	Aldrin	Soil	kg	5,40E-013	6,45E-014	1,25E-013	2,16E-013	7,30E-015	1,27E-013
43	Aluminium	Air	kg	3,35E-005	2,95E-005	1,25E-006	3,14E-007	1,08E-006	1,36E-006
44	Aluminium	Water	kg	0	0	0	5,07E-006	3,33E-005	0
45	Aluminium	Soil	kg	3,69E-006	3,15E-006	1,45E-007	1,65E-007	1,16E-007	1,14E-007
46	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude	Raw	kg	0	9,26E-005	0	1,84E-005	3,71E-005	1,04E-005
47	Ammonia	Air	kg	3,40E-005	1,21E-005	2,01E-006	3,57E-007	6,06E-007	1,89E-005
48	Ammonium carbonate	Air	kg	3,95E-010	3,79E-010	3,99E-012	2,28E-012	2,41E-012	7,07E-012
49	Ammonium, ion	Water	kg	6,20E-005	2,05E-006	5,97E-005	5,51E-008	7,86E-008	1,47E-007
50	Anhydrite, in ground	Raw	kg	1,71E-005	7,21E-010	1,71E-005	4,31E-010	7,58E-011	1,12E-009
51	Aniline	Air	kg	1,82E-013	1,37E-013	6,90E-015	1,71E-014	1,19E-014	9,30E-015
52	Aniline	Water	kg	4,40E-013	3,30E-013	1,67E-014	4,16E-014	2,93E-014	2,25E-014
53	Anthranilic acid	Air	kg	5,25E-015	2,03E-015	1,71E-016	1,29E-015	1,43E-015	3,26E-016
54	Antimony	Air	kg	1,01E-008	8,88E-009	3,75E-010	2,04E-010	3,66E-010	2,65E-010
55	Antimony	Water	kg	0	5,69E-007	3,30E-005	7,52E-009	1,68E-008	7,98E-005
56	Antimony	Soil	kg	1,54E-013	9,82E-014	1,65E-014	1,58E-014	3,57E-015	2,03E-014
57	Antimony-122	Water	Bq	1,18E-005	9,95E-006	3,90E-007	3,60E-007	6,85E-007	3,75E-007
58	Antimony-124	Air	Bq	2,92E-008	2,47E-008	9,68E-010	8,92E-010	1,70E-009	9,31E-010
59	Antimony-124	Water	Bq	0,01	0,01	6,21E-005	2,90E-005	0	5,07E-005
60	Antimony-125	Air	Bq	3,05E-007	2,58E-007	1,01E-008	9,31E-009	1,77E-008	9,71E-009
61	Antimony-125	Water	Bq	0,01	0,01	5,75E-005	2,76E-005	0	4,72E-005
62	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	kg	1,40E-007	1,54E-008	1,23E-007	4,43E-010	4,61E-010	3,28E-010
63	Argon-41	Air	Bq	2,86	2,76	0,02	0	0,06	0,02
64	Arsenic	Air	kg	2,12E-007	1,79E-007	2,35E-008	1,60E-009	4,31E-009	2,78E-009
65	Arsenic	Soil	kg	1,43E-009	1,22E-009	5,33E-011	6,71E-011	4,56E-011	4,34E-011
66	Arsenic, ion	Water	kg	8,47E-006	3,63E-006	9,71E-007	2,50E-008	1,02E-007	3,74E-006
67	Arsine	Air	kg	2,43E-016	2,70E-017	5,69E-017	9,81E-017	3,26E-018	5,74E-017
68	Atrazine	Soil	kg	1,42E-013	1,69E-014	3,29E-014	5,68E-014	1,92E-015	3,32E-014
69	Barite	Water	kg	2,07E-005	1,66E-005	9,13E-007	1,08E-006	9,71E-007	1,22E-006
70	Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	kg	0	0	3,53E-005	2,76E-005	1,83E-005	2,44E-005
71	Barium	Air	kg	5,28E-007	1,66E-007	4,99E-009	4,31E-009	4,13E-009	3,52E-007
72	Barium	Water	kg	0	3,65E-005	1,03E-005	4,41E-007	8,66E-007	0
73	Barium	Soil	kg	1,56E-006	1,32E-006	6,08E-008	8,17E-008	5,22E-008	5,03E-008
74	Barium-140	Air	Bq	1,98E-005	1,68E-005	6,57E-007	6,05E-007	1,15E-006	6,32E-007
75	Barium-140	Water	Bq	5,15E-005	4,36E-005	1,71E-006	1,57E-006	3,00E-006	1,64E-006
76	Basalt, in ground	Raw	kg	1,86E-005	9,96E-006	1,86E-006	2,01E-006	2,66E-006	2,08E-006
77	Benomyl	Soil	kg	2,75E-013	2,19E-013	9,33E-015	2,56E-014	7,80E-015	1,32E-014
78	Bentazone	Soil	kg	3,16E-011	1,22E-011	1,01E-012	7,79E-012	8,64E-012	1,96E-012
79	Benzal chloride	Air	kg	3,88E-018	1,69E-018	3,38E-019	1,07E-018	3,11E-019	4,64E-019
80	Benzaldehyde	Air	kg	8,92E-010	7,87E-012	8,77E-010	1,38E-012	1,79E-012	6,1E-012
81	Benzene	Air	kg	4,29E-005	4,41E-006	3,71E-005	6,32E-008	2,83E-007	9,85E-007
82	Benzene	Water	kg	3,97E-006	5,18E-007	3,32E-006	3,50E-008	1,66E-008	7,67E-008
83	Benzene, 1-methyl-2-nitro-	Air	kg	6,22E-015	2,41E-015	2,02E-016	1,53E-015	1,86E-015	3,86E-016

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

84	Benzene, 1,2-dichloro-	Air	kg	1,66E-013	8,08E-014	5,79E-015	3,34E-014	3,65E-014	9,89E-015
85	Benzene, 1,2-dichloro-	Water	kg	6,60E-011	1,39E-011	1,36E-011	2,36E-011	1,13E-012	1,38E-011
86	Benzene, chloro-	Water	kg	1,35E-009	2,83E-010	2,81E-010	4,85E-010	2,17E-011	2,84E-010
87	Benzene, ethyl-	Air	kg	1,10E-005	2,47E-007	1,08E-005	1,04E-008	4,58E-009	5,43E-009
88	Benzene, ethyl-	Water	kg	2,16E-007	1,89E-007	7,05E-009	1,01E-008	5,02E-009	4,97E-009
89	Benzene, hexachloro-	Air	kg	2,01E-009	2,35E-011	5,91E-011	7,39E-012	1,70E-011	1,91E-009
90	Benzene, pentachloro-	Air	kg	4,88E-009	7,15E-013	1,43E-010	1,14E-013	7,55E-014	4,74E-009
91	Benzo(a)pyrene	Air	kg	1,49E-008	1,40E-008	1,31E-010	9,18E-011	4,22E-010	1,69E-010
92	Beryllium	Air	kg	2,42E-009	1,33E-009	5,56E-011	8,11E-012	4,04E-011	9,85E-010
93	Beryllium	Water	kg	1,89E-006	1,05E-006	4,55E-008	3,94E-009	2,56E-008	7,66E-007
94	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	kg	0,02	0	0	6,82E-005	4,80E-005	0,01
95	Borate	Water	kg	4,93E-012	3,69E-012	2,06E-013	3,94E-013	3,78E-013	2,60E-013
96	Borax, in ground	Raw	kg	4,71E-009	4,16E-009	1,23E-010	1,12E-010	2,03E-010	1,17E-010
97	Boron	Air	kg	8,00E-006	7,65E-006	1,28E-007	1,30E-008	1,68E-007	4,49E-008
98	Boron	Water	kg	2,91E-005	2,09E-005	6,65E-006	3,60E-007	7,46E-007	4,32E-007
99	Boron	Soil	kg	8,72E-008	8,06E-008	1,76E-009	1,90E-009	1,35E-009	1,51E-009
100	Boron trifluoride	Air	kg	3,32E-018	3,67E-019	7,77E-019	1,34E-018	4,44E-020	7,90E-019
101	Bromate	Water	kg	1,09E-006	2,26E-008	7,02E-007	2,32E-009	1,74E-009	3,60E-007
102	Bromide	Water	kg	3,09E-010	2,30E-010	1,25E-011	2,69E-011	2,33E-011	1,62E-011
103	Bromine	Air	kg	4,01E-005	8,44E-007	9,67E-009	1,45E-009	1,85E-008	3,92E-005
104	Bromine	Water	kg	0,01	6,04E-006	2,90E-005	3,03E-007	1,65E-007	0,01
105	Bromine, 0.0023% in water	Raw	kg	3,52E-010	2,62E-010	1,43E-011	3,02E-011	2,68E-011	1,84E-011
106	Butadiene	Air	kg	3,52E-013	1,32E-013	5,76E-014	9,80E-014	6,75E-015	5,78E-014
107	Butane	Air	kg	1,50E-005	1,35E-005	3,75E-007	4,60E-007	2,75E-007	3,87E-007
108	Butene	Air	kg	2,69E-007	2,41E-007	7,20E-009	1,04E-008	4,44E-009	5,30E-009
109	Butene	Water	kg	1,79E-010	1,35E-010	1,04E-011	1,31E-011	3,32E-012	1,77E-011
110	Butyl acetate	Water	kg	1,86E-010	2,88E-011	4,13E-011	7,12E-011	2,58E-012	4,17E-011
111	Butyrolactone	Air	kg	1,40E-013	2,89E-014	2,93E-014	5,03E-014	2,02E-015	2,95E-014
112	Butyrolactone	Water	kg	3,36E-013	6,93E-014	7,02E-014	1,21E-013	4,84E-015	7,08E-014
113	Cadmium	Air	kg	2,76E-008	1,88E-008	3,30E-009	7,45E-010	9,94E-010	3,76E-009
114	Cadmium	Soil	kg	4,40E-010	3,60E-010	8,31E-012	4,51E-011	1,04E-011	1,56E-011
115	Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%,	Raw	kg	1,09E-007	1,34E-008	2,19E-009	7,90E-008	2,16E-009	1,21E-008
116	Cadmium, ion	Water	kg	1,32E-006	5,66E-007	2,33E-007	9,29E-009	2,08E-008	4,93E-007
117	Calcite, in ground	Raw	kg	0,04	0,01	0,02	0	0	0,01
118	Calcium	Air	kg	5,95E-006	4,94E-006	8,48E-007	1,65E-008	1,09E-007	3,72E-008
119	Calcium	Soil	kg	1,99E-005	1,76E-005	6,10E-007	6,71E-007	5,80E-007	4,80E-007
120	Calcium, ion	Water	kg	0,02	0,02	0	6,28E-005	0	0
121	Carbetamide	Soil	kg	1,18E-011	4,83E-012	3,86E-013	2,78E-012	3,08E-012	7,23E-013
122	Carbofuran	Soil	kg	1,51E-010	1,20E-010	5,11E-012	1,40E-011	4,28E-012	7,22E-012
123	Carbon	Soil	kg	1,01E-005	8,28E-006	5,92E-007	5,00E-007	3,23E-007	4,18E-007
124	Carbon-14	Air	Bq	22,25	21,27	0,21	0,08	0,52	0,16
125	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg	0,08	0,02	0,05	7,00E-005	0	0
126	Carbon dioxide, fossil	Air	kg	12,73	1,28	5,26	0,02	0,03	6,14
127	Carbon dioxide, in air	Raw	kg	0,03	0,02	0	8,35E-005	0	0
128	Carbon dioxide, land transformation	Air	kg	6,27E-005	6,02E-005	5,28E-007	2,78E-007	1,33E-006	4,33E-007
129	Carbon disulfide	Air	kg	7,62E-007	5,96E-007	4,83E-008	3,16E-008	4,92E-008	3,77E-008
130	Carbon disulfide	Water	kg	2,67E-012	2,18E-012	1,23E-013	1,25E-013	1,05E-013	1,34E-013
131	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg	2,65E-005	3,55E-006	2,28E-005	3,11E-008	1,12E-007	4,88E-008
132	Carbon monoxide, fossil	Air	kg	0,01	0	0,01	6,85E-005	8,60E-005	0
133	Carbon, in organic matter, in soil	Raw	kg	1,91E-007	1,52E-007	6,46E-009	1,77E-008	5,40E-009	9,12E-009
134	Carbonate	Water	kg	0	4,02E-007	0	9,07E-009	1,09E-008	1,80E-008
135	Carboxylic acids, unspecified	Water	kg	3,52E-005	3,05E-005	1,22E-006	1,73E-006	9,05E-007	8,57E-007
136	Cerium-141	Air	Bq	4,80E-006	4,06E-006	1,59E-007	1,47E-007	2,80E-007	1,53E-007
137	Cerium-141	Water	Bq	2,06E-005	1,74E-005	6,84E-007	6,30E-007	1,20E-006	6,57E-007
138	Cerium-144	Water	Bq	6,27E-006	5,31E-006	2,08E-007	1,92E-007	3,65E-007	2,00E-007
139	Cesium	Water	kg	9,01E-009	7,88E-009	2,94E-010	4,20E-010	2,09E-010	2,07E-010
140	Cesium-134	Air	Bq	2,30E-007	1,95E-007	7,63E-009	7,03E-009	1,34E-008	7,34E-009
141	Cesium-134	Water	Bq	0	0	4,29E-005	1,42E-005	0	3,32E-005
142	Cesium-136	Water	Bq	3,66E-006	3,09E-006	1,21E-007	1,12E-007	2,13E-007	1,17E-007
143	Cesium-137	Air	Bq	4,08E-006	3,45E-006	1,35E-007	1,25E-007	2,37E-007	1,30E-007
144	Cesium-137	Water	Bq	4,2	4,03	0,04	0,01	0,1	0,03
145	Chloramine	Air	kg	9,54E-014	7,13E-014	3,98E-015	7,71E-015	7,41E-015	5,03E-015
146	Chloramine	Water	kg	8,56E-013	6,38E-013	3,57E-014	6,99E-014	6,74E-014	4,52E-014
147	Chlorate	Water	kg	9,52E-006	1,92E-007	6,55E-006	1,82E-008	1,39E-008	2,75E-006
148	Chloride	Water	kg	0,02	0,01	0	0	0	0
149	Chloride	Soil	kg	7,50E-005	1,73E-005	2,20E-006	4,29E-005	1,71E-006	1,08E-005
150	Chlorinated solvents, unspecified	Water	kg	7,06E-008	1,26E-010	6,96E-008	1,46E-011	1,26E-011	8,35E-010
151	Chlorine	Air	kg	2,38E-006	2,14E-007	2,09E-006	1,11E-008	9,11E-009	5,93E-008
152	Chlorine	Water	kg	5,13E-008	6,29E-009	4,39E-008	1,95E-010	3,37E-010	6,16E-010
153	Chloroacetic acid	Air	kg	4,03E-011	4,68E-012	7,67E-013	2,04E-012	3,17E-011	1,08E-012
154	Chloroacetic acid	Water	kg	7,84E-010	2,78E-010	2,39E-011	1,72E-010	2,65E-010	4,49E-011
155	Chloroacetyl chloride	Water	kg	1,38E-014	5,57E-015	4,54E-016	3,31E-015	3,65E-015	8,54E-016
156	Chloroform	Air	kg	2,72E-010	2,43E-010	6,87E-012	8,51E-012	6,81E-012	6,49E-012
157	Chloroform	Water	kg	2,79E-012	3,37E-013	6,46E-013	1,12E-012	4,05E-014	6,53E-013
158	Chlorosilane, trimethyl-	Air	kg	9,55E-012	4,96E-012	1,01E-012	1,14E-012	1,32E-012	1,11E-012
159	Chlorosulfonic acid	Air	kg	4,97E-014	1,93E-014	1,60E-015	1,22E-014	1,35E-014	3,07E-015
160	Chlorosulfonic acid	Water	kg	1,24E-013	4,81E-014	3,99E-015	3,04E-014	3,37E-014	7,66E-015
161	Chlorothalonil	Soil	kg	6,02E-010	4,95E-010	2,63E-011	2,77E-011	2,22E-011	3,06E-011
162	Chromium	Air	kg	6,06E-006	1,88E-007	5,76E-006	6,55E-009	6,13E-008	4,81E-008
163	Chromium	Soil	kg	2,11E-008	1,81E-008	7,38E-010	1,03E-009	6,48E-010	6,28E-010
164	Chromium-51	Air	Bq	3,08E-007	2,60E-007	1,02E-008	9,40E-009	1,79E-008	9,82E-009
165	Chromium-51	Water	Bq	0,01	0,01	0	0	0	0
166	Chromium VI	Air	kg	1,52E-008	1,17E-008	4,98E-010	1,46E-010	1,66E-009	1,19E-009
167	Chromium VI	Water	kg	3,67E-005	5,88E-006	1,91E-005	1,47E-007	4,34E-007	1,11E-005
168	Chromium VI	Soil	kg	3,15E-007	3,06E-007	3,08E-009	1,49E-009	1,72E-009	2,86E-009

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

169	Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in	Raw	kg	7,89E-005	4,05E-005	5,02E-006	1,56E-006	1,74E-005	1,44E-005
170	Chromium, ion	Water	kg	3,07E-007	4,38E-008	1,14E-008	1,87E-009	1,95E-009	2,48E-007
171	Chrysotile, in ground	Raw	kg	2,02E-007	4,30E-009	1,31E-007	4,58E-010	3,50E-010	6,54E-008
172	Cinnabar, in ground	Raw	kg	3,73E-008	3,99E-010	3,04E-008	4,05E-011	3,03E-011	6,43E-009
173	Clay, bentonite, in ground	Raw	kg	0	0	0	1,24E-005	2,29E-005	2,41E-005
174	Clay, unspecified, in ground	Raw	kg	0,01	0	0,01	0	0	0
175	Coal, brown, in ground	Raw	kg	0,31	0,3	0	0	0,01	0
176	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	kg	0,47	0,16	0,3	0	0	0
177	Cobalt	Air	kg	2,35E-007	2,28E-007	2,14E-009	4,80E-010	2,13E-009	2,12E-009
178	Cobalt	Water	kg	7,05E-005	1,51E-005	2,59E-006	6,58E-008	4,33E-007	5,23E-005
179	Cobalt	Soil	kg	4,77E-010	4,44E-010	1,40E-011	1,23E-012	1,03E-011	8,03E-012
180	Cobalt-57	Water	Bq	0	9,82E-005	3,85E-006	3,55E-006	6,76E-006	3,70E-006
181	Cobalt-58	Air	Bq	4,28E-007	3,63E-007	1,42E-008	1,31E-008	2,49E-008	1,37E-008
182	Cobalt-58	Water	Bq	0,05	0,04	0	0	0	0
183	Cobalt-60	Air	Bq	3,79E-006	3,20E-006	1,26E-007	1,16E-007	2,20E-007	1,21E-007
184	Cobalt-60	Water	Bq	0,04	0,03	0	0	0	0
185	Cobalt, in ground	Raw	kg	7,75E-010	3,61E-010	1,13E-010	1,74E-010	7,38E-011	5,35E-011
186	COD, Chemical Oxygen Demand	Water	kg	0,05	0	0,01	7,31E-005	5,45E-005	0,04
187	Colemanite, in ground	Raw	kg	6,35E-007	5,09E-007	3,22E-008	4,22E-008	6,75E-009	4,47E-008
188	Copper	Air	kg	7,99E-007	5,45E-007	1,56E-007	5,13E-008	2,87E-008	1,87E-008
189	Copper	Soil	kg	2,06E-007	1,96E-007	2,47E-009	3,73E-009	1,27E-009	2,94E-009
190	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% an	Raw	kg	0	6,55E-006	0	2,96E-007	4,67E-007	3,66E-007
191	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% an	Raw	kg	4,48E-005	3,63E-005	2,33E-006	1,61E-006	2,59E-006	2,00E-006
192	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% an	Raw	kg	1,19E-005	9,63E-006	6,18E-007	4,27E-007	6,86E-007	5,32E-007
193	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% an	Raw	kg	5,91E-005	4,77E-005	3,09E-006	2,16E-006	3,40E-006	2,66E-006
194	Copper, ion	Water	kg	0	1,07E-005	7,37E-005	1,07E-007	3,23E-007	0
195	Cumene	Air	kg	4,33E-008	1,16E-008	1,52E-009	3,10E-009	1,10E-009	2,60E-008
196	Cumene	Water	kg	1,04E-007	2,78E-008	3,66E-009	7,45E-009	2,65E-009	6,25E-008
197	Cyanide	Air	kg	3,74E-006	8,42E-009	3,35E-007	3,36E-010	8,48E-010	3,39E-006
198	Cyanide	Water	kg	6,86E-008	4,62E-008	4,24E-009	5,61E-009	5,73E-009	6,84E-009
199	Cyanoacetic acid	Air	kg	4,07E-014	1,58E-014	1,31E-015	9,99E-015	1,11E-014	2,52E-015
200	Cypermethrin	Soil	kg	2,16E-011	1,71E-011	7,31E-013	2,04E-012	6,71E-013	1,04E-012
201	Diatomite, in ground	Raw	kg	5,18E-011	2,94E-011	9,90E-013	1,56E-011	1,22E-012	4,59E-012
202	Dichromate	Water	kg	9,38E-009	7,98E-009	1,37E-010	3,90E-011	4,51E-011	1,18E-009
203	Diethylamine	Air	kg	8,31E-014	6,17E-014	3,14E-015	8,12E-015	5,87E-015	4,27E-015
204	Diethylamine	Water	kg	2,00E-013	1,48E-013	1,95E-014	1,95E-014	1,41E-014	1,02E-014
205	Dimethyl malonate	Air	kg	5,10E-014	1,98E-014	1,64E-015	1,25E-014	1,39E-014	3,16E-015
206	Dimethylamine	Water	kg	4,00E-013	1,84E-013	1,34E-014	8,63E-014	9,26E-014	2,39E-014
207	Dinitrogen monoxide	Air	kg	4,96E-005	2,98E-005	1,91E-006	7,75E-007	7,92E-007	1,63E-005
208	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	Air	kg	1,54E-011	8,33E-014	5,31E-013	7,99E-015	1,67E-014	1,48E-011
209	Dipropylamine	Air	kg	5,07E-014	3,85E-014	1,93E-015	4,60E-015	3,10E-015	2,58E-015
210	Dipropylamine	Water	kg	1,22E-013	9,23E-014	4,62E-015	1,10E-014	7,45E-015	6,18E-015
211	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	kg	0,02	0	0	2,32E-005	1,78E-005	0,02
212	Dolomite, in ground	Raw	kg	2,78E-005	8,18E-006	9,42E-006	1,67E-006	4,09E-006	4,48E-006
213	Energy, gross calorific value, in biomas	Raw	MJ	0,63	0,22	0,39	0	0,01	0
214	Energy, gross calorific value, in biomas	Raw	MJ	1,32E-005	1,05E-005	4,48E-007	1,23E-006	3,75E-007	6,32E-007
215	Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	MJ	0,13	0,12	0	0	0	0
216	Energy, potential (in hydropower reserv	Raw	MJ	1,26	0,76	0,47	0	0,02	0,01
217	Energy, solar, converted	Raw	MJ	0	0	1,55E-005	4,75E-006	4,08E-005	1,19E-005
218	Ethane	Air	kg	2,18E-005	1,98E-005	3,13E-007	1,89E-007	4,95E-007	9,19E-007
219	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	kg	6,74E-010	6,47E-010	5,65E-012	1,70E-012	1,50E-011	4,33E-012
220	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	kg	2,01E-012	1,91E-012	2,08E-014	1,17E-014	4,91E-014	1,73E-014
221	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	kg	7,60E-008	1,06E-008	2,23E-009	4,79E-009	1,72E-009	1,35E-008
222	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, C	Air	kg	9,88E-013	1,10E-013	2,31E-013	3,99E-013	1,33E-014	2,34E-013
223	Ethane, 1,2-dichloro-	Air	kg	9,05E-009	3,34E-009	3,42E-009	2,22E-010	4,00E-010	1,67E-009
224	Ethane, 1,2-dichloro-	Water	kg	1,29E-009	1,15E-009	7,81E-011	8,73E-012	3,15E-011	2,30E-011
225	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-	Air	kg	9,02E-009	8,61E-009	8,77E-011	3,68E-011	2,19E-010	7,04E-011
226	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	kg	3,87E-009	2,15E-009	1,73E-010	4,64E-010	8,62E-010	2,26E-010
227	Ethanol	Air	kg	1,98E-006	1,95E-006	3,42E-009	1,07E-009	8,21E-009	6,74E-009
228	Ethanol	Water	kg	3,38E-010	5,51E-011	7,35E-011	1,28E-010	7,07E-012	7,44E-011
229	Ethene	Air	kg	1,43E-005	5,88E-007	1,35E-005	3,88E-008	4,46E-008	6,47E-008
230	Ethene	Water	kg	4,22E-008	1,14E-008	1,22E-009	2,66E-009	1,06E-009	2,59E-008
231	Ethene, chloro-	Air	kg	4,09E-009	1,69E-009	1,66E-009	7,76E-011	2,49E-010	4,17E-010
232	Ethene, chloro-	Water	kg	6,38E-011	2,06E-011	3,64E-011	6,81E-013	3,26E-012	2,75E-012
233	Ethene, tetrachloro-	Air	kg	4,88E-012	4,64E-012	5,02E-014	2,79E-014	1,18E-013	4,15E-014
234	Ethyl acetate	Air	kg	3,93E-008	6,10E-009	8,76E-009	1,51E-008	5,47E-010	8,84E-009
235	Ethyl acetate	Water	kg	2,53E-013	1,59E-013	1,32E-014	2,78E-014	3,69E-014	1,60E-014
236	Ethyl cellulose	Air	kg	7,55E-011	8,33E-012	1,77E-011	3,06E-011	1,01E-012	1,79E-011
237	Ethylamine	Air	kg	4,56E-014	3,12E-014	3,28E-015	4,10E-015	4,83E-015	2,15E-015
238	Ethylamine	Water	kg	1,09E-013	7,49E-014	7,87E-015	9,85E-015	1,16E-014	5,17E-015
239	Ethylene diamine	Air	kg	7,22E-013	5,19E-013	2,72E-014	1,02E-013	2,52E-014	4,88E-014
240	Ethylene diamine	Water	kg	1,74E-012	1,25E-012	6,53E-014	2,47E-013	6,06E-014	1,18E-013
241	Ethylene oxide	Air	kg	6,62E-010	1,57E-010	6,88E-011	4,55E-011	1,55E-011	3,75E-010
242	Ethylene oxide	Water	kg	2,82E-011	6,20E-012	5,53E-012	9,87E-012	9,68E-013	5,64E-012
243	Ethyne	Air	kg	1,74E-008	1,01E-008	2,70E-009	6,97E-010	1,99E-009	1,91E-009
244	Feldspar, in ground	Raw	kg	4,27E-011	3,17E-011	2,53E-012	1,19E-012	4,79E-012	2,50E-012
245	Fenpiclonil	Soil	kg	2,58E-011	2,03E-011	1,10E-012	1,62E-012	1,46E-012	1,33E-012
246	Fluoride	Water	kg	0	3,50E-005	0	2,17E-006	1,57E-006	2,84E-005
247	Fluoride	Soil	kg	3,70E-007	3,39E-007	8,17E-009	9,18E-009	6,39E-009	6,97E-009
248	Fluorine	Air	kg	7,15E-007	6,14E-007	7,88E-008	2,32E-009	1,54E-008	4,97E-009
249	Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude c	Raw	kg	5,37E-007	3,43E-007	9,53E-008	2,08E-008	2,14E-008	5,72E-008
250	Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude c	Raw	kg	2,43E-007	1,53E-007	4,20E-008	1,04E-008	1,17E-008	2,55E-008
251	Fluorspar, 92%, in ground	Raw	kg	5,99E-005	2,38E-005	3,32E-005	5,85E-007	7,72E-007	1,58E-006
252	Floasilic acid	Air	kg	4,43E-009	2,49E-009	1,83E-010	5,10E-010	1,01E-009	2,45E-010
253	Floasilic acid	Water	kg	7,97E-009	4,47E-009	3,29E-010	9,18E-010	1,81E-009	4,41E-010

## ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

254	Formaldehyde	Air	kg	4,15E-006	3,77E-006	4,84E-008	1,96E-008	6,55E-008	2,49E-007
255	Formaldehyde	Water	kg	6,32E-009	2,06E-009	2,05E-010	4,57E-010	3,14E-010	3,29E-009
256	Formamide	Air	kg	4,54E-014	3,54E-014	1,93E-015	2,95E-015	2,69E-015	2,35E-015
257	Formamide	Water	kg	1,09E-013	8,51E-014	4,64E-015	7,08E-015	6,45E-015	5,65E-015
258	Formate	Water	kg	1,13E-011	4,95E-012	5,43E-013	2,43E-012	2,76E-012	6,51E-013
259	Formic acid	Air	kg	9,07E-010	6,91E-010	4,01E-011	9,90E-011	2,50E-011	5,22E-011
260	Formic acid	Water	kg	3,16E-014	2,47E-014	1,35E-015	2,06E-015	1,87E-015	1,64E-015
261	Furan	Air	kg	2,44E-010	1,95E-010	8,29E-012	2,27E-011	6,93E-012	1,17E-011
262	Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Raw	kg	5,19E-012	4,98E-012	4,36E-014	1,32E-014	1,15E-013	3,34E-014
263	Gas, mine, off-gas, process, coal minin	Raw	m3	0	0	2,62E-005	9,61E-006	4,88E-005	3,22E-005
264	Gas, natural, in ground	Raw	m3	1,94	0,09	1,84	0	0	0,01
265	Glutaraldehyde	Water	kg	2,56E-009	2,04E-009	1,13E-010	1,33E-010	1,20E-010	1,50E-010
266	Glyphosate	Soil	kg	3,07E-008	3,13E-009	5,59E-010	1,13E-009	2,51E-008	7,53E-010
267	Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore,	Raw	kg	7,40E-011	8,21E-012	1,73E-011	2,99E-011	9,94E-013	1,75E-011
268	Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore,	Raw	kg	1,36E-010	1,51E-011	3,18E-011	5,49E-011	1,82E-012	3,21E-011
269	Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	1,62E-010	1,80E-011	3,81E-011	6,57E-011	2,18E-012	3,84E-011
270	Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore,	Raw	kg	2,48E-010	2,75E-011	5,82E-011	1,00E-010	3,33E-012	5,87E-011
271	Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	6,15E-011	6,82E-012	1,44E-011	2,49E-011	8,26E-013	1,46E-011
272	Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Raw	kg	1,47E-010	1,63E-011	3,45E-011	5,96E-011	1,98E-012	3,49E-011
273	Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	2,28E-010	2,53E-011	5,35E-011	9,23E-011	3,06E-012	5,40E-011
274	Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	2,57E-010	2,85E-011	6,03E-011	1,04E-010	3,45E-012	6,08E-011
275	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.6	Raw	kg	1,54E-011	1,71E-012	3,61E-012	6,23E-012	2,07E-013	3,65E-012
276	Granite, in ground	Raw	kg	1,33E-012	2,38E-013	1,02E-012	2,40E-014	1,89E-014	2,49E-014
277	Gravel, in ground	Raw	kg	0,18	0,03	0,02	0,03	0,05	0,05
278	Gypsum, in ground	Raw	kg	3,37E-008	2,66E-008	1,69E-009	9,64E-010	1,33E-009	3,09E-009
279	Heat, waste	Air	MJ	161,85	22,8	87,36	0,37	0,53	50,78
280	Heat, waste	Water	MJ	9,65	1,1	0,21	0,01	0,03	8,3
281	Heat, waste	Soil	MJ	0,04	0,03	0	0	0	0,3
282	Helium	Air	kg	1,60E-006	1,50E-006	2,80E-008	4,24E-008	9,30E-009	2,34E-008
283	Heptane	Air	kg	2,69E-006	2,41E-006	7,20E-008	1,03E-007	4,44E-008	5,29E-008
284	Hexane	Air	kg	8,04E-006	7,37E-006	1,72E-007	2,26E-007	1,45E-007	1,26E-007
285	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	kg	1,13E-005	2,79E-010	1,13E-005	5,06E-011	2,65E-011	3,55E-010
286	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unsat	Air	kg	7,49E-006	6,65E-006	1,05E-007	1,43E-007	2,99E-007	3,00E-007
287	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unsat	Water	kg	1,17E-006	1,02E-006	3,82E-008	5,46E-008	2,72E-008	2,69E-008
288	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	kg	1,98E-006	1,90E-006	1,84E-008	3,94E-009	4,08E-008	1,29E-008
289	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	kg	1,08E-007	9,46E-008	3,52E-009	5,04E-009	2,51E-009	2,49E-009
290	Hydrocarbons, aromatic	Air	kg	5,86E-005	1,28E-006	5,71E-005	3,91E-008	7,65E-008	1,02E-007
291	Hydrocarbons, aromatic	Water	kg	4,80E-006	4,20E-006	1,57E-007	2,24E-007	1,12E-007	1,11E-007
292	Hydrocarbons, chlorinated	Air	kg	1,39E-006	1,19E-009	1,38E-006	2,95E-010	4,31E-010	2,24E-010
293	Hydrocarbons, unspecified	Water	kg	0	4,24E-007	0	2,52E-008	2,43E-008	3,87E-008
294	Hydrogen	Air	kg	0	8,91E-007	0	2,55E-008	2,83E-008	7,74E-007
295	Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	128,46	123,31	1,09	0,34	2,88	0,84
296	Hydrogen-3, Tritium	Water	Bq	9621,96	9229,44	83,07	27,24	217,99	64,22
297	Hydrogen chloride	Air	kg	0	5,82E-005	0	1,93E-007	1,30E-006	5,92E-007
298	Hydrogen fluoride	Air	kg	1,61E-005	1,11E-005	4,57E-006	3,85E-008	2,74E-007	1,05E-007
299	Hydrogen peroxide	Air	kg	5,73E-011	7,47E-012	1,31E-011	2,26E-011	7,81E-013	1,32E-011
300	Hydrogen peroxide	Water	kg	2,73E-009	1,99E-010	2,21E-009	1,92E-010	1,12E-011	1,16E-010
301	Hydrogen sulfide	Air	kg	2,64E-006	2,29E-006	5,94E-008	2,85E-008	9,56E-008	1,67E-007
302	Hydrogen sulfide	Water	kg	3,92E-006	2,00E-007	1,94E-007	2,91E-009	7,44E-009	3,52E-006
303	Hydroxide	Water	kg	2,19E-009	7,90E-010	3,68E-010	6,27E-010	3,51E-011	3,70E-010
304	Hypochlorite	Water	kg	5,17E-007	4,98E-007	3,94E-009	8,93E-010	1,10E-008	2,92E-009
305	Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, P	Raw	kg	2,07E-009	4,71E-010	3,87E-011	1,32E-009	4,17E-011	2,04E-010
306	Iodide	Water	kg	9,53E-007	8,37E-007	3,10E-008	4,21E-008	2,20E-008	2,10E-008
307	Iodine	Air	kg	4,65E-007	4,49E-007	3,53E-009	7,57E-010	9,83E-009	2,60E-009
308	Iodine-129	Air	Bq	0,02	0,02	0	6,33E-005	0	0
309	Iodine-131	Air	Bq	1,13	1,09	0,01	0	0,02	0,01
310	Iodine-131	Water	Bq	0	0	1,26E-005	6,74E-006	2,92E-005	1,05E-005
311	Iodine-133	Air	Bq	4,95E-005	4,46E-005	1,05E-006	8,47E-007	2,00E-006	9,67E-007
312	Iodine-133	Water	Bq	3,24E-005	2,74E-005	1,07E-006	9,89E-007	1,88E-006	1,03E-006
313	Iodine-135	Air	Bq	5,59E-005	5,33E-005	5,64E-007	2,66E-007	1,35E-006	4,58E-007
314	Iodine, 0.03% in water	Raw	kg	8,57E-011	6,39E-011	3,41E-012	7,57E-012	6,32E-012	4,46E-012
315	Iron	Air	kg	1,61E-005	1,52E-005	1,32E-007	4,78E-008	2,90E-007	3,44E-007
316	Iron	Soil	kg	6,15E-005	1,10E-005	1,36E-006	5,16E-007	4,74E-005	1,20E-006
317	Iron-59	Water	Bq	8,89E-006	7,53E-006	2,95E-007	2,72E-007	5,18E-007	2,84E-007
318	Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in g	Raw	kg	0,01	0	0	0	0	0
319	Iron, ion	Water	kg	0,01	0	0	7,79E-006	5,18E-005	0
320	Isocyanic acid	Air	kg	1,20E-008	8,78E-009	1,29E-010	3,19E-011	2,96E-009	1,10E-010
321	Isoprene	Air	kg	1,13E-011	9,04E-012	3,84E-013	1,06E-012	3,21E-013	5,43E-013
322	Isopropylamine	Air	kg	9,99E-015	5,42E-015	8,19E-016	1,47E-015	1,80E-015	4,79E-016
323	Isopropylamine	Water	kg	2,40E-014	1,30E-014	1,97E-015	3,52E-015	4,32E-015	1,15E-015
324	Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	kg	2,02E-006	1,59E-006	4,29E-008	2,25E-007	6,27E-008	9,99E-008
325	Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,65E-008	1,04E-008	3,54E-010	3,96E-009	4,24E-010	1,30E-009
326	Krypton-85	Air	Bq	8,96	8,64	0,07	0,02	0,19	0,05
327	Krypton-85m	Air	Bq	0,43	0,38	0,01	0,01	0,02	0,01
328	Krypton-87	Air	Bq	0,17	0,16	0	0	0,01	0
329	Krypton-88	Air	Bq	0,17	0,15	0	0	0,01	0
330	Krypton-89	Air	Bq	0,04	0,04	0	0	0	0
331	Lactic acid	Air	kg	3,97E-014	3,01E-014	1,51E-015	3,60E-015	2,43E-015	2,02E-015
332	Lactic acid	Water	kg	9,53E-014	7,23E-014	3,62E-015	8,64E-015	5,84E-015	4,84E-015
333	Lanthanum-140	Air	Bq	1,69E-006	1,43E-006	5,62E-008	5,17E-008	9,85E-008	5,40E-008
334	Lanthanum-140	Water	Bq	5,49E-005	4,64E-005	1,82E-006	1,68E-006	3,20E-006	1,75E-006
335	Lead	Air	kg	1,65E-006	1,04E-006	5,69E-007	1,13E-008	1,88E-008	1,82E-008
336	Lead	Water	kg	2,00E-005	1,88E-006	1,57E-005	1,85E-008	5,56E-008	2,39E-006
337	Lead	Soil	kg	4,42E-009	1,95E-009	1,89E-010	1,69E-009	9,63E-011	5,00E-010
338	Lead-210	Air	Bq	0,12	0,12	0	0	0	0

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

			0,06	0,05	0	0	0	0
339	Lead-210	Water	Bq					
340	Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag	Raw	kg	1,21E-005	6,61E-006	1,35E-006	3,02E-006	1,95E-007
341	Linuron	Soil	kg	4,78E-010	1,85E-010	1,53E-011	1,18E-010	1,30E-010
342	Lithium, 0.15% in brine, in ground	Raw	kg	1,31E-012	1,03E-012	5,59E-014	8,54E-014	7,77E-014
343	Lithium, ion	Water	kg	5,91E-009	2,58E-009	5,14E-010	1,63E-009	4,73E-010
344	m-Xylene	Air	kg	2,32E-008	2,23E-008	1,97E-010	4,65E-011	5,18E-010
345	m-Xylene	Water	kg	2,82E-013	1,64E-013	1,94E-014	5,33E-014	1,99E-014
346	Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	kg	0	3,45E-005	8,36E-006	1,09E-005	2,52E-005
347	Magnesium	Air	kg	1,39E-006	1,12E-006	2,07E-007	6,96E-009	3,72E-008
348	Magnesium	Water	kg	0,01	0,01	0	2,65E-005	0
349	Magnesium	Soil	kg	3,34E-006	2,90E-006	1,11E-007	1,33E-007	1,02E-007
350	Magnesium, 0.13% in water	Raw	kg	1,04E-008	9,78E-009	1,45E-010	1,12E-010	2,50E-010
351	Mancozeb	Soil	kg	7,82E-010	6,43E-010	3,42E-011	3,59E-011	2,88E-011
352	Manganese	Air	kg	3,37E-007	3,16E-007	3,82E-009	2,18E-009	9,94E-009
353	Manganese	Water	kg	0	0	3,32E-005	2,19E-006	1,40E-005
354	Manganese	Soil	kg	6,37E-007	5,98E-007	9,31E-009	7,54E-009	1,55E-008
355	Manganese-54	Air	Bq	1,58E-007	1,33E-007	5,23E-009	4,82E-009	9,17E-009
356	Manganese-54	Water	Bq	0	0	4,74E-005	3,33E-005	9,85E-005
357	Manganese, 35.7% in sedimentary dep	Raw	kg	2,21E-005	7,52E-006	1,81E-006	6,23E-007	1,14E-005
358	Mercury	Air	kg	4,70E-008	3,12E-008	7,89E-009	1,07E-009	2,64E-009
359	Mercury	Water	kg	4,66E-007	2,04E-007	1,54E-007	6,75E-010	5,06E-009
360	Mercury	Soil	kg	6,03E-012	2,89E-012	1,83E-012	1,72E-013	1,84E-013
361	Metaldehyde	Soil	kg	2,38E-012	1,04E-012	7,94E-014	5,31E-013	5,86E-013
362	Metamorphous rock, graphite containi	Raw	kg	2,56E-007	1,53E-007	1,00E-008	2,71E-008	5,36E-008
363	Methane, biogenic	Air	kg	0	3,78E-005	0	1,03E-007	8,65E-007
364	Methane, bromo-, Halon 1001	Air	kg	8,87E-019	3,87E-019	7,73E-020	2,45E-019	7,12E-020
365	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon	Air	kg	4,13E-009	3,71E-009	5,40E-011	1,40E-011	9,50E-011
366	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	kg	9,91E-009	9,05E-009	2,26E-010	3,38E-010	1,18E-010
367	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	kg	2,30E-006	1,84E-008	2,28E-006	6,98E-011	4,49E-010
368	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	kg	6,15E-009	3,57E-011	6,11E-009	4,86E-013	1,08E-012
369	Methane, dichloro-, HCC-30	Water	kg	7,92E-008	6,68E-008	3,08E-009	4,14E-009	2,64E-009
370	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	kg	2,58E-011	2,12E-011	9,50E-013	1,09E-012	5,48E-013
371	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	kg	1,57E-014	9,59E-015	1,59E-015	2,63E-015	2,92E-016
372	Methane, fossil	Air	kg	0,07	0	0,06	3,56E-005	4,43E-005
373	Methane, monochloro-, R-40	Air	kg	5,37E-011	5,10E-011	5,69E-013	3,28E-013	1,33E-012
374	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	kg	7,80E-010	2,27E-010	1,66E-010	1,60E-011	1,09E-011
375	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	kg	3,41E-008	1,92E-008	1,41E-009	3,93E-009	7,75E-009
376	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	kg	2,55E-014	1,56E-014	2,58E-015	4,27E-015	4,75E-016
377	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	kg	4,99E-012	3,05E-012	5,05E-013	8,36E-013	9,30E-014
378	Methanesulfonic acid	Air	kg	4,11E-014	1,60E-014	1,32E-015	1,01E-014	1,12E-014
379	Methanol	Air	kg	3,30E-006	3,13E-006	1,10E-008	8,31E-009	1,20E-008
380	Methanol	Water	kg	5,81E-008	5,05E-008	9,75E-010	6,54E-010	1,36E-009
381	Methyl acetate	Air	kg	1,67E-015	6,45E-016	5,42E-017	4,10E-016	4,53E-016
382	Methyl acetate	Water	kg	4,00E-015	1,55E-015	1,30E-016	9,84E-016	1,09E-015
383	Methyl acrylate	Air	kg	2,36E-011	2,63E-012	5,53E-012	9,55E-012	3,17E-013
384	Methyl acrylate	Water	kg	4,61E-010	5,13E-011	1,08E-010	1,87E-010	6,20E-012
385	Methyl amine	Air	kg	7,70E-014	2,60E-014	1,14E-014	4,83E-015	1,21E-014
386	Methyl amine	Water	kg	1,85E-013	6,23E-014	2,74E-014	5,45E-014	1,16E-014
387	Methyl borate	Air	kg	9,49E-015	7,29E-015	4,04E-016	6,74E-016	6,22E-016
388	Methyl ethyl ketone	Air	kg	3,93E-008	6,10E-009	8,76E-009	1,51E-008	5,46E-010
389	Methyl formate	Air	kg	1,03E-013	1,92E-014	2,20E-014	3,78E-014	1,93E-015
390	Methyl formate	Water	kg	4,12E-014	7,65E-015	8,77E-015	1,51E-014	7,71E-016
391	Methyl lactate	Air	kg	4,36E-014	3,31E-014	1,66E-015	3,95E-015	2,67E-015
392	Metolachlor	Soil	kg	3,46E-009	1,34E-009	1,11E-010	8,51E-010	9,44E-010
393	Metribuzin	Soil	kg	2,75E-011	2,27E-011	1,20E-012	1,27E-012	1,01E-012
394	Molybdenum	Air	kg	7,72E-008	7,51E-008	1,99E-010	5,90E-010	8,04E-010
395	Molybdenum	Water	kg	4,97E-006	3,97E-006	8,51E-007	1,66E-008	9,79E-008
396	Molybdenum	Soil	kg	1,05E-010	9,15E-011	6,86E-012	3,88E-013	2,13E-012
397	Molybdenum-99	Water	Bq	1,89E-005	1,60E-005	6,28E-007	5,78E-007	1,10E-006
398	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	1,10E-006	8,87E-007	5,74E-008	4,02E-008	6,33E-008
399	Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	1,56E-007	1,26E-007	8,12E-009	5,62E-009	9,02E-009
400	Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	2,31E-007	8,15E-008	9,84E-009	7,01E-009	1,24E-007
401	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	5,72E-007	4,63E-007	2,97E-008	2,06E-008	3,30E-008
402	Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E	Raw	kg	4,65E-007	1,64E-007	1,97E-008	1,39E-008	2,50E-007
403	Monoethanolamine	Air	kg	3,05E-009	2,03E-009	2,53E-010	4,13E-010	9,38E-011
404	Napropamide	Soil	kg	4,20E-012	1,83E-012	1,40E-013	9,40E-013	1,04E-012
405	Nickel	Air	kg	1,36E-005	3,08E-006	1,05E-005	8,41E-009	1,64E-008
406	Nickel	Soil	kg	2,34E-009	1,48E-009	8,10E-011	5,53E-010	5,02E-011
407	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and	Raw	kg	7,19E-007	2,22E-007	3,06E-008	5,21E-009	6,72E-009
408	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crud	Raw	kg	0	0	6,82E-005	8,49E-006	5,19E-005
409	Nickel, ion	Water	kg	0	6,60E-005	1,47E-005	2,56E-007	1,88E-006
410	Niobium-95	Air	Bq	1,87E-008	1,58E-008	6,21E-010	5,72E-010	1,09E-009
411	Niobium-95	Water	Bq	0	0	5,16E-006	2,76E-006	1,22E-005
412	Nitrate	Air	kg	1,20E-007	1,15E-007	1,11E-009	4,16E-010	2,81E-009
413	Nitrate	Water	kg	0	0	6,03E-005	2,00E-006	1,73E-005
414	Nitrite	Water	kg	8,24E-008	6,03E-008	1,24E-008	1,05E-009	2,00E-009
415	Nitrobenzene	Air	kg	2,50E-013	1,86E-013	9,43E-015	2,43E-014	1,76E-014
416	Nitrobenzene	Water	kg	1,00E-012	7,44E-013	3,78E-014	9,76E-014	7,04E-014
417	Nitrogen	Water	kg	1,28E-005	5,90E-006	6,60E-006	2,62E-008	1,38E-007
418	Nitrogen oxides	Air	kg	0,01	0	0,01	0	0
419	Nitrogen, organic bound	Water	kg	2,18E-006	2,01E-006	3,64E-008	3,90E-008	5,15E-008
420	NMVOOC, non-methane volatile organic	Air	kg	0,01	0	0,01	3,15E-005	1,69E-005
421	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	Bq	216032.35	207234.39	1861.95	607.99	4889.52
422	o-Xylene	Water	kg	1,21E-013	5,29E-014	1,06E-014	3,35E-014	9,72E-015
423	Occupation, arable, non-irrigated	Raw	m2a	1,76E-005	7,67E-006	5,88E-007	3,93E-006	4,33E-006

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

424	Occupation, construction site	Raw	m2a	9,47E-005	3,15E-005	2,73E-005	9,83E-007	1,21E-006	3,37E-005
425	Occupation, dump site	Raw	m2a	0	0	0	8,46E-006	3,33E-005	0
426	Occupation, dump site, benthos	Raw	m2a	3,33E-005	2,66E-005	1,46E-006	1,73E-006	1,56E-006	1,95E-006
427	Occupation, forest, intensive	Raw	m2a	9,68E-005	3,10E-005	3,37E-005	8,95E-006	3,16E-006	2,00E-005
428	Occupation, forest, intensive, normal	Raw	m2a	0,01	0,01	0	9,25E-005	0	0
429	Occupation, forest, intensive, short-cycl	Raw	m2a	3,31E-006	2,64E-006	1,12E-007	3,08E-007	9,39E-008	1,59E-007
430	Occupation, industrial area	Raw	m2a	0	0	1,74E-005	1,87E-005	2,54E-005	1,88E-005
431	Occupation, industrial area, benthos	Raw	m2a	3,97E-007	3,37E-007	1,31E-008	1,55E-008	1,30E-008	1,88E-008
432	Occupation, industrial area, built up	Raw	m2a	0	5,87E-005	1,33E-005	4,35E-006	6,77E-006	7,10E-005
433	Occupation, industrial area, vegetation	Raw	m2a	6,98E-005	4,06E-005	7,23E-006	4,44E-006	7,63E-006	9,98E-006
434	Occupation, mineral extraction site	Raw	m2a	0	0	1,70E-005	1,30E-005	3,26E-005	2,47E-005
435	Occupation, permanent crop, fruit, inter	Raw	m2a	4,76E-006	3,80E-006	1,51E-007	4,49E-007	1,29E-007	2,24E-007
436	Occupation, shrub land, sclerophyllous	Raw	m2a	5,83E-005	5,51E-006	2,58E-005	6,84E-007	1,06E-006	2,53E-005
437	Occupation, traffic area, rail embankme	Raw	m2a	0	4,01E-005	7,53E-006	1,42E-006	0	7,26E-006
438	Occupation, traffic area, rail network	Raw	m2a	0	4,44E-005	8,33E-006	1,57E-006	0	8,03E-006
439	Occupation, traffic area, road embankm	Raw	m2a	0	0	4,62E-006	3,84E-005	6,47E-006	1,22E-005
440	Occupation, traffic area, road network	Raw	m2a	0	0	0	0	1,74E-005	0
441	Occupation, urban, discontinuously bui	Raw	m2a	2,78E-008	1,80E-008	1,23E-009	3,63E-009	3,48E-009	1,46E-009
442	Occupation, water bodies, artificial	Raw	m2a	0	0	1,47E-005	6,84E-006	3,77E-005	1,38E-005
443	Occupation, water courses, artificial	Raw	m2a	0	0	1,32E-005	1,06E-005	1,96E-005	9,81E-006
444	Oil, crude, in ground	Raw	kg	2,3	0,17	2,12	0,01	0	0
445	Oils, biogenic	Soil	kg	3,99E-007	1,06E-007	8,21E-009	1,96E-009	2,76E-007	7,85E-009
446	Oils, unspecified	Water	kg	0	0	9,02E-005	2,07E-005	1,39E-005	9,83E-006
447	Oils, unspecified	Soil	kg	0	0	1,53E-005	2,06E-005	1,46E-005	9,47E-006
448	Olivine, in ground	Raw	kg	6,61E-006	3,22E-010	6,61E-006	1,92E-010	3,14E-011	4,07E-010
449	Orbencarb	Soil	kg	1,49E-010	1,22E-010	6,49E-012	6,83E-012	5,48E-012	7,55E-012
450	Ozone	Air	kg	7,67E-006	7,36E-006	6,50E-008	2,07E-008	1,73E-007	5,02E-008
451	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	kg	7,34E-008	5,96E-008	1,62E-009	3,00E-009	4,95E-009	4,21E-009
452	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	kg	4,78E-008	4,08E-008	1,68E-009	2,36E-009	1,75E-009	1,19E-009
453	Particulates, < 2.5 um	Air	kg	0	0	0	8,61E-006	9,89E-006	1,92E-005
454	Particulates, > 10 um	Air	kg	0	0	0	7,35E-006	3,28E-005	1,75E-005
455	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	kg	0	6,23E-005	0	4,62E-006	1,25E-005	9,61E-006
456	Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-4%	Raw	kg	9,37E-011	6,27E-011	7,97E-012	1,23E-011	4,30E-012	6,38E-012
457	Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-4%	Raw	kg	2,25E-010	1,51E-010	1,92E-011	2,96E-011	1,03E-011	1,53E-011
458	Peat, in ground	Raw	kg	0	8,44E-007	0	2,32E-007	4,81E-008	2,08E-007
459	Pentane	Air	kg	0,03	0,03	4,58E-007	5,80E-007	3,48E-007	4,92E-007
460	Phenol	Air	kg	3,83E-009	1,75E-009	4,94E-010	6,32E-010	4,28E-010	5,22E-010
461	Phenol	Water	kg	1,63E-006	6,91E-007	8,58E-007	3,90E-008	2,01E-008	1,97E-008
462	Phenol, 2,4-dichloro-	Air	kg	1,95E-014	1,26E-014	6,53E-016	2,91E-015	2,29E-015	1,04E-015
463	Phenol, pentachloro-	Air	kg	6,66E-009	5,91E-009	6,17E-011	9,43E-012	1,28E-010	5,53E-010
464	Phosphate	Water	kg	0	0	0	7,53E-006	5,92E-005	2,42E-005
465	Phosphine	Air	kg	1,80E-014	2,00E-015	4,22E-015	7,28E-015	2,42E-016	4,26E-015
466	Phosphorus	Air	kg	1,65E-007	7,48E-008	8,71E-008	2,51E-010	1,98E-009	7,06E-010
467	Phosphorus	Water	kg	0	6,44E-008	0	3,85E-009	3,46E-009	6,30E-009
468	Phosphorus	Soil	kg	4,07E-007	3,73E-007	8,09E-009	8,66E-009	1,08E-008	6,55E-009
469	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in cr	Raw	kg	9,83E-007	6,20E-007	1,68E-007	4,47E-008	4,70E-008	1,04E-007
470	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in cruc	Raw	kg	2,15E-006	1,37E-006	3,81E-007	8,31E-008	8,58E-008	2,29E-007
471	Pirimicarb	Soil	kg	2,99E-012	1,16E-012	9,60E-014	7,37E-013	8,18E-013	1,85E-013
472	Platinum	Air	kg	3,23E-013	3,10E-013	2,86E-015	9,82E-016	7,39E-015	2,23E-015
473	Plutonium-238	Air	Bq	3,07E-009	2,94E-009	2,64E-011	8,63E-012	6,94E-011	2,04E-011
474	Plutonium-alpha	Air	Bq	7,03E-009	6,74E-009	6,06E-011	1,98E-011	1,59E-010	4,68E-011
475	Polonium-210	Air	Bq	0,21	0,2	0	0	0	0
476	Polonium-210	Water	Bq	0,06	0,06	0	0	0	0
477	Polychlorinated biphenyls	Air	kg	1,16E-010	4,10E-011	3,82E-012	1,31E-011	2,84E-011	2,95E-011
478	Potassium	Air	kg	6,67E-006	6,07E-006	3,96E-007	1,62E-008	1,46E-007	4,49E-008
479	Potassium	Soil	kg	2,49E-006	2,26E-006	5,38E-008	5,99E-008	6,75E-008	4,37E-008
480	Potassium-40	Air	Bq	0,03	0,03	0	4,95E-005	0	0
481	Potassium-40	Water	Bq	0,07	0,06	0	0	0	0
482	Potassium, ion	Water	kg	0,01	0	0	1,63E-005	0	3,72E-005
483	Propanal	Air	kg	9,04E-010	1,97E-011	8,77E-010	1,45E-012	2,10E-012	3,71E-012
484	Propanal	Water	kg	8,62E-014	6,73E-014	3,67E-015	5,61E-015	5,10E-015	4,47E-015
485	Propane	Air	kg	1,77E-005	1,60E-005	3,90E-007	4,69E-007	3,39E-007	5,19E-007
486	Propanol	Water	kg	1,28E-013	8,11E-014	4,97E-015	1,72E-014	1,80E-014	7,15E-015
487	Propene	Air	kg	1,07E-005	5,83E-007	1,00E-005	2,62E-008	1,42E-008	2,47E-008
488	Propene	Water	kg	4,92E-008	1,25E-008	1,75E-009	9,45E-009	1,18E-009	2,44E-008
489	Propionic acid	Air	kg	4,65E-008	4,16E-008	6,26E-010	1,45E-010	1,05E-009	3,14E-009
490	Propionic acid	Water	kg	7,07E-014	3,98E-014	2,35E-015	1,27E-014	1,18E-014	3,96E-015
491	Propylamine	Air	kg	1,44E-014	1,12E-014	6,12E-016	9,34E-016	8,51E-016	7,45E-016
492	Propylamine	Water	kg	3,45E-014	2,69E-014	1,47E-015	2,24E-015	2,04E-015	1,79E-015
493	Propylene oxide	Air	kg	5,28E-009	7,93E-010	1,59E-010	3,55E-009	9,43E-011	6,82E-010
494	Propylene oxide	Water	kg	1,27E-008	1,91E-009	3,82E-010	8,55E-009	2,27E-010	1,64E-009
495	Protactinium-234	Air	Bq	0	0	2,79E-005	1,04E-005	7,14E-005	2,20E-005
496	Protactinium-234	Water	Bq	0,06	0,05	0	0	0	0
497	Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%	Raw	kg	1,53E-011	1,43E-011	2,21E-013	2,14E-013	3,94E-013	1,66E-013
498	Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%	Raw	kg	5,47E-011	5,11E-011	7,92E-013	7,67E-013	1,41E-012	5,94E-013
499	Radioactive species, alpha emitters	Water	Bq	2,03E-005	1,35E-005	3,28E-006	7,55E-007	8,36E-007	1,99E-006
500	Radioactive species, Nuclides, unspeci	Water	Bq	21,9	21,01	0,19	0,06	0,5	0,15
501	Radioactive species, other beta emitter	Air	Bq	0,08	0,05	0	0,03	0	0,01
502	Radium-224	Water	Bq	0,45	0,39	0,01	0,02	0,01	0,01
503	Radium-226	Air	Bq	0,13	0,12	0	0	0	0
504	Radium-226	Water	Bq	35,8	34,19	0,34	0,15	0,84	0,27
505	Radium-228	Air	Bq	0,01	0,01	0	4,03E-005	0	0
506	Radium-228	Water	Bq	0,9	0,79	0,03	0,04	0,02	0,02
507	Radon-220	Air	Bq	1,22	1,17	0,01	0	0,03	0,01
508	Radon-222	Air	Bq	403706,31	386310,93	3685,83	1370,93	9437,24	2901,38

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

509	Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-	Raw	kg	3,83E-012	3,35E-012	1,19E-013	1,48E-013	1,38E-013	7,82E-014
510	Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-	Raw	kg	1,20E-011	1,05E-011	3,73E-013	4,65E-013	4,32E-013	2,45E-013
511	Rhenium, in crude ore, in ground	Raw	kg	4,36E-012	3,66E-012	1,78E-013	2,69E-013	1,28E-013	1,20E-013
512	Rubidium	Water	kg	9,01E-008	7,88E-008	2,94E-009	4,20E-009	2,09E-009	2,07E-009
513	Ruthenium-103	Air	Bq	4,11E-009	3,48E-009	1,36E-010	1,26E-010	2,39E-010	1,31E-010
514	Ruthenium-103	Water	Bq	3,99E-006	3,38E-006	1,33E-007	1,22E-007	2,32E-007	1,27E-007
515	Sand, unspecified, in ground	Raw	kg	0	2,25E-006	0	1,73E-008	5,07E-008	3,57E-008
516	Scandium	Air	kg	3,70E-008	3,54E-008	3,41E-010	1,27E-010	8,69E-010	2,70E-010
517	Scandium	Water	kg	1,87E-006	1,75E-006	5,35E-008	6,93E-009	4,31E-008	1,51E-008
518	Selenium	Air	kg	1,41E-007	1,37E-007	9,40E-010	4,45E-010	1,82E-009	8,58E-010
519	Selenium	Water	kg	7,01E-006	2,38E-006	6,01E-007	1,12E-008	6,00E-008	3,96E-006
520	Shale, in ground	Raw	kg	4,84E-005	2,04E-009	4,84E-005	1,22E-009	2,15E-010	3,17E-009
521	Silicon	Air	kg	9,27E-006	2,49E-006	6,59E-006	2,54E-008	1,06E-007	6,35E-008
522	Silicon	Water	kg	0,02	0,01	0,01	6,33E-005	0	0
523	Silicon	Soil	kg	2,49E-006	2,30E-006	6,72E-008	2,18E-008	5,76E-008	4,22E-008
524	Silicon tetrafluoride	Air	kg	1,61E-011	1,04E-011	2,88E-012	6,19E-013	5,48E-013	1,72E-012
525	Silver	Air	kg	3,73E-009	1,58E-009	2,09E-009	5,52E-012	3,85E-011	1,18E-011
526	Silver-110	Air	Bq	4,07E-008	3,45E-008	1,35E-009	1,24E-009	2,37E-009	1,30E-009
527	Silver-110	Water	Bq	0,03	0,03	0	0	0	0
528	Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, P	Raw	kg	2,20E-009	7,26E-010	3,87E-010	6,62E-010	3,45E-011	3,90E-010
529	Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, C	Raw	kg	1,58E-009	5,26E-010	2,76E-010	4,72E-010	2,46E-011	2,78E-010
530	Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	Raw	kg	1,45E-010	4,80E-011	2,55E-011	4,36E-011	2,28E-012	2,57E-011
531	Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	Raw	kg	3,31E-010	1,10E-010	5,83E-011	9,95E-011	5,20E-012	5,86E-011
532	Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	Raw	kg	3,25E-010	1,07E-010	5,71E-011	9,76E-011	5,10E-012	5,75E-011
533	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.6	Raw	kg	2,14E-010	7,08E-011	3,77E-011	6,44E-011	3,36E-012	3,79E-011
534	Silver, ion	Water	kg	9,55E-008	4,21E-008	5,04E-008	9,00E-010	1,31E-009	8,33E-010
535	Sodium	Air	kg	3,17E-005	5,11E-006	5,53E-007	9,52E-009	2,97E-008	2,60E-005
536	Sodium	Soil	kg	6,40E-006	5,30E-006	2,52E-007	3,94E-007	2,13E-007	2,39E-007
537	Sodium-24	Water	Bq	0	0	4,75E-006	4,38E-006	8,33E-006	4,57E-006
538	Sodium chlorate	Air	kg	4,43E-010	3,73E-010	3,36E-011	7,13E-012	1,07E-011	1,89E-011
539	Sodium chloride, in ground	Raw	kg	0,01	0	0,01	9,19E-005	2,02E-005	0
540	Sodium dichromate	Air	kg	2,53E-009	2,15E-009	4,54E-011	1,08E-011	1,22E-011	3,17E-010
541	Sodium formate	Air	kg	1,61E-011	3,52E-012	7,70E-012	3,88E-013	4,22E-013	4,04E-012
542	Sodium formate	Water	kg	3,86E-011	8,46E-012	1,85E-011	9,31E-013	1,01E-012	9,70E-012
543	Sodium hydroxide	Air	kg	2,11E-010	2,51E-011	4,89E-011	8,44E-011	2,85E-012	4,94E-011
544	Sodium nitrate, in ground	Raw	kg	1,49E-009	1,28E-013	1,49E-009	6,24E-014	7,74E-015	4,21E-014
545	Sodium sulphate, various forms, in grou	Raw	kg	4,11E-006	2,65E-006	7,87E-007	1,46E-007	1,04E-007	4,25E-007
546	Sodium, ion	Water	kg	0,02	0,01	0	0	0	0
547	Solids, inorganic	Water	kg	0	0	2,60E-005	2,11E-006	2,34E-005	9,65E-006
548	Soloved solids	Water	kg	0	2,85E-005	0	4,06E-007	3,82E-006	7,35E-007
549	Stibnite, in ground	Raw	kg	5,38E-012	3,06E-012	1,03E-013	1,62E-012	1,26E-013	4,77E-013
550	Strontium	Air	kg	1,68E-007	1,45E-007	1,63E-009	4,40E-010	3,71E-009	1,80E-008
551	Strontium	Water	kg	0	0	9,11E-006	1,44E-006	6,35E-006	0
552	Strontium	Soil	kg	3,17E-008	2,67E-008	1,23E-009	1,65E-009	1,05E-009	1,01E-009
553	Strontium-89	Water	Bq	0	0	1,29E-005	1,03E-005	2,51E-005	1,19E-005
554	Strontium-90	Water	Bq	31,3	30,19	0,24	0,05	0,66	0,17
555	Styrene	Air	kg	9,14E-005	2,07E-010	9,14E-005	3,72E-011	4,68E-011	8,07E-011
556	Sulfate	Air	kg	1,28E-005	1,18E-005	2,15E-007	9,69E-008	3,22E-007	3,24E-007
557	Sulfate	Water	kg	0,08	0,06	0,01	0	0	0
558	Sulfide	Water	kg	4,26E-007	5,21E-008	3,71E-007	5,72E-010	1,17E-009	4,99E-010
559	Sulfite	Water	kg	1,42E-006	1,35E-006	2,37E-008	2,43E-009	2,98E-008	7,92E-009
560	Sulfur	Water	kg	6,53E-007	4,93E-007	4,05E-008	5,49E-008	3,77E-008	2,68E-008
561	Sulfur	Soil	kg	2,15E-006	1,81E-006	9,48E-008	9,92E-008	6,80E-008	7,19E-008
562	Sulfur dioxide	Air	kg	0,02	0	0,01	2,77E-005	7,62E-005	4,63E-005
563	Sulfur hexafluoride	Air	kg	1,15E-007	1,12E-007	9,07E-010	2,31E-010	1,68E-009	6,73E-010
564	Sulfur trioxide	Air	kg	2,04E-012	1,50E-012	7,68E-014	2,04E-013	1,50E-013	1,05E-013
565	Sulfur, in ground	Raw	kg	0	1,97E-007	0	1,37E-008	6,35E-009	3,98E-008
566	Sulfuric acid	Air	kg	4,57E-011	6,80E-012	1,03E-011	1,77E-011	6,32E-013	1,03E-011
567	Sulfuric acid	Soil	kg	2,70E-014	3,00E-015	6,32E-015	1,09E-014	3,63E-016	3,68E-015
568	Suspended solids, unspecified	Water	kg	0	8,39E-005	0	4,67E-006	4,72E-006	5,47E-006
569	Sylvite, 25 % in sylvinite, in ground	Raw	kg	1,34E-005	1,86E-007	1,31E-005	7,21E-008	2,54E-008	3,73E-008
570	t-Butyl methyl ether	Air	kg	1,54E-010	9,85E-011	1,02E-011	2,21E-011	9,83E-012	1,36E-011
571	t-Butyl methyl ether	Water	kg	6,38E-009	4,57E-009	4,62E-010	6,24E-010	4,41E-010	2,87E-010
572	t-Butylamine	Air	kg	3,68E-014	1,61E-014	1,76E-015	7,89E-015	8,95E-015	2,11E-015
573	t-Butylamine	Water	kg	8,83E-014	3,86E-014	4,23E-015	1,89E-014	2,15E-014	5,07E-015
574	Talc, in ground	Raw	kg	1,53E-007	1,16E-007	1,65E-008	3,85E-009	5,21E-009	1,14E-008
575	Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% i	Raw	kg	1,65E-009	4,90E-010	3,05E-010	5,22E-010	2,53E-011	3,07E-010
576	Tebutam	Soil	kg	9,96E-012	4,34E-012	3,33E-013	2,23E-012	2,46E-012	6,04E-013
577	Technetium-99m	Water	Bq	0	0	1,45E-005	1,33E-005	2,54E-005	1,39E-005
578	Teflubenzuron	Soil	kg	1,84E-012	1,51E-012	8,02E-014	8,44E-014	6,76E-014	9,32E-014
579	Tellurium-123m	Water	Bq	0	0	5,74E-006	2,03E-006	1,49E-005	4,48E-006
580	Tellurium-132	Water	Bq	1,10E-006	9,27E-007	3,64E-008	3,35E-008	6,38E-008	3,50E-008
581	Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm	Raw	kg	2,37E-010	7,89E-011	4,15E-011	7,08E-011	3,72E-012	4,17E-011
582	Terpenes	Air	kg	1,07E-010	8,55E-011	3,64E-012	9,98E-012	3,04E-012	5,13E-012
583	Thallium	Air	kg	1,13E-009	5,07E-011	1,67E-010	6,37E-012	1,91E-011	8,86E-010
584	Thallium	Water	kg	5,31E-007	7,71E-008	6,48E-009	8,68E-010	2,40E-009	4,44E-007
585	Thiram	Soil	kg	4,88E-013	3,89E-013	1,66E-014	4,54E-014	1,38E-014	2,34E-014
586	Thorium	Air	kg	5,31E-011	3,44E-011	4,46E-012	1,93E-012	6,36E-012	5,94E-012
587	Thorium-228	Air	Bq	0,01	0,01	5,30E-005	1,10E-005	0	3,99E-005
588	Thorium-228	Water	Bq	1,8	1,58	0,06	0,08	0,04	0,04
589	Thorium-230	Air	Bq	0,01	0,01	0	3,95E-005	0	8,43E-005
590	Thorium-230	Water	Bq	7,69	7,35	0,07	0,03	0,18	0,06
591	Thorium-232	Air	Bq	0,01	0,01	7,21E-005	1,54E-005	0	5,36E-005
592	Thorium-232	Water	Bq	0,01	0,01	9,26E-005	2,11E-005	0	6,87E-005
593	Thorium-234	Air	Bq	0	0	2,79E-005	1,04E-005	7,14E-005	2,20E-005



ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

594	Thorium-234	Water	Bq	0,06	0,05	0	0	0	0
595	Tin	Air	kg	7,85E-008	6,58E-009	4,69E-009	2,90E-010	7,96E-010	6,61E-008
596	Tin	Soil	kg	4,21E-011	2,41E-012	2,56E-011	9,09E-013	1,54E-013	1,30E-011
597	Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude o	Raw	kg	9,69E-008	2,74E-008	1,72E-008	2,59E-008	7,38E-009	1,91E-008
598	Tin, ion	Water	kg	2,90E-005	4,34E-007	3,78E-006	8,28E-009	1,60E-008	2,48E-005
599	TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude or	Raw	kg	7,11E-005	2,26E-005	3,77E-006	2,26E-006	2,56E-006	3,99E-005
600	TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore,	Raw	kg	6,23E-011	6,96E-012	2,86E-012	4,32E-011	1,20E-012	8,06E-012
601	Titanium	Air	kg	2,57E-006	6,51E-007	1,07E-008	3,18E-009	1,70E-008	1,89E-006
602	Titanium	Soil	kg	3,53E-008	3,39E-008	2,83E-010	6,78E-011	7,83E-010	2,14E-010
603	Titanium, ion	Water	kg	0	3,55E-005	1,75E-006	5,78E-007	1,42E-006	0
604	TOC, Total Organic Carbon	Water	kg	0,02	0	0	2,33E-005	1,78E-005	0,02
605	Toluene	Air	kg	9,61E-006	2,38E-006	5,26E-006	7,10E-008	1,22E-007	1,77E-006
606	Toluene	Water	kg	1,10E-006	9,62E-007	3,67E-008	5,25E-008	2,64E-008	2,57E-008
607	Toluene, 2-chloro-	Air	kg	8,21E-014	5,81E-014	3,06E-015	9,23E-015	7,45E-015	4,30E-015
608	Toluene, 2-chloro-	Water	kg	1,64E-013	1,19E-013	6,14E-015	1,74E-014	1,34E-014	8,52E-015
609	Transformation, from arable	Raw	m2	6,60E-007	6,10E-007	8,14E-009	8,72E-009	2,52E-008	8,01E-009
610	Transformation, from arable, non-irrigat	Raw	m2	3,25E-005	1,42E-005	1,09E-006	7,26E-006	8,01E-006	1,97E-006
611	Transformation, from arable, non-irrigat	Raw	m2	2,02E-008	1,12E-008	9,65E-010	2,23E-009	4,50E-009	1,26E-009
612	Transformation, from dump site, inert m	Raw	m2	8,61E-007	4,92E-007	3,99E-008	1,17E-007	1,55E-007	5,72E-008
613	Transformation, from dump site, residu	Raw	m2	8,32E-006	5,89E-007	4,63E-006	1,92E-008	5,58E-008	3,03E-006
614	Transformation, from dump site, sanitar	Raw	m2	5,32E-007	1,63E-008	2,68E-008	2,01E-010	6,70E-010	4,88E-007
615	Transformation, from dump site, slag co	Raw	m2	1,94E-006	2,29E-009	4,62E-007	4,71E-010	1,52E-010	1,48E-006
616	Transformation, from forest	Raw	m2	0	0	5,41E-006	7,07E-006	4,63E-006	4,64E-006
617	Transformation, from forest, extensive	Raw	m2	8,51E-005	7,60E-005	2,18E-006	7,65E-007	4,08E-006	2,12E-006
618	Transformation, from forest, intensive, c	Raw	m2	1,18E-007	9,43E-008	4,01E-009	1,10E-008	3,36E-009	5,66E-009
619	Transformation, from industrial area	Raw	m2	1,86E-006	1,75E-006	1,95E-008	8,38E-009	4,31E-008	3,45E-008
620	Transformation, from industrial area, be	Raw	m2	2,45E-009	2,20E-009	3,24E-011	8,06E-012	5,64E-011	1,56E-010
621	Transformation, from industrial area, bu	Raw	m2	7,61E-010	4,89E-010	1,36E-010	2,92E-011	2,59E-011	8,14E-011
622	Transformation, from industrial area, ve	Raw	m2	1,30E-009	8,34E-010	2,32E-010	4,99E-011	4,42E-011	1,39E-010
623	Transformation, from mineral extractio	Raw	m2	1,42E-005	1,25E-005	4,97E-007	1,35E-007	4,43E-007	6,30E-007
624	Transformation, from pasture and mead	Raw	m2	2,30E-005	6,87E-006	8,10E-006	2,44E-007	4,78E-007	7,31E-006
625	Transformation, from pasture and mead	Raw	m2	2,65E-008	1,16E-008	8,85E-010	5,93E-009	6,54E-009	1,61E-009
626	Transformation, from sea and ocean	Raw	m2	3,33E-005	2,66E-005	1,47E-006	1,73E-006	1,56E-006	1,95E-006
627	Transformation, from shrub land, sclerc	Raw	m2	1,55E-005	4,70E-006	5,20E-006	1,56E-007	3,15E-007	5,09E-006
628	Transformation, from tropical rain fores	Raw	m2	1,18E-007	9,43E-008	4,01E-009	1,10E-008	3,36E-009	5,66E-009
629	Transformation, from unknown	Raw	m2	6,30E-005	4,90E-005	1,99E-006	2,06E-006	5,31E-006	4,64E-006
630	Transformation, to arable	Raw	m2	1,76E-005	1,66E-005	2,27E-007	4,71E-008	4,01E-007	3,95E-007
631	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	m2	3,25E-005	1,42E-005	1,09E-006	7,27E-006	8,01E-006	1,97E-006
632	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	m2	6,68E-008	1,58E-008	2,22E-008	3,24E-009	6,94E-009	1,86E-008
633	Transformation, to dump site	Raw	m2	8,37E-006	7,82E-006	1,07E-007	5,48E-008	2,49E-007	1,41E-007
634	Transformation, to dump site, benthos	Raw	m2	3,33E-005	2,66E-005	1,46E-006	1,73E-006	1,56E-006	1,95E-006
635	Transformation, to dump site, inert mat	Raw	m2	8,61E-007	4,92E-007	3,99E-008	1,17E-007	1,55E-007	5,72E-008
636	Transformation, to dump site, residual	Raw	m2	8,32E-006	5,89E-007	4,63E-006	1,92E-008	5,58E-008	3,03E-006
637	Transformation, to dump site, sanitary l	Raw	m2	5,32E-007	1,63E-008	2,68E-008	2,01E-010	6,70E-010	4,88E-007
638	Transformation, to dump site, slag com	Raw	m2	1,94E-006	2,29E-009	4,62E-007	4,71E-010	1,52E-010	1,48E-006
639	Transformation, to forest	Raw	m2	1,28E-005	1,35E-006	5,44E-006	2,04E-007	3,46E-007	5,50E-006
640	Transformation, to forest, intensive	Raw	m2	6,45E-007	2,06E-007	2,24E-007	5,97E-008	2,11E-008	1,33E-007
641	Transformation, to forest, intensive, cle	Raw	m2	1,18E-007	9,43E-008	4,01E-009	1,10E-008	3,36E-009	5,66E-009
642	Transformation, to forest, intensive, noi	Raw	m2	8,36E-005	7,50E-005	1,93E-006	6,90E-007	4,01E-006	1,96E-006
643	Transformation, to forest, intensive, shd	Raw	m2	1,18E-007	9,43E-008	4,01E-009	1,10E-008	3,36E-009	5,66E-009
644	Transformation, to heterogeneous, agri	Raw	m2	8,87E-006	7,81E-006	2,60E-007	3,55E-007	2,16E-007	2,39E-007
645	Transformation, to industrial area	Raw	m2	1,27E-005	1,18E-005	1,63E-007	8,76E-008	3,64E-007	2,75E-007
646	Transformation, to industrial area, bent	Raw	m2	2,14E-008	1,55E-008	1,43E-009	2,02E-009	8,70E-010	1,61E-009
647	Transformation, to industrial area, built	Raw	m2	4,03E-006	1,77E-006	2,92E-007	9,61E-008	1,47E-007	1,72E-006
648	Transformation, to industrial area, vege	Raw	m2	1,80E-006	1,19E-006	1,52E-007	9,61E-008	1,61E-007	2,07E-007
649	Transformation, to mineral extraction si	Raw	m2	0	0	5,95E-006	7,71E-006	6,25E-006	5,86E-006
650	Transformation, to pasture and meadow	Raw	m2	4,24E-007	3,82E-007	6,58E-009	1,59E-009	9,78E-009	2,41E-008
651	Transformation, to permanent crop, frui	Raw	m2	6,70E-008	5,35E-008	2,12E-009	6,32E-009	1,81E-009	3,15E-009
652	Transformation, to sea and ocean	Raw	m2	2,45E-009	2,20E-009	3,24E-011	8,06E-012	5,64E-011	1,56E-010
653	Transformation, to shrub land, scleroph	Raw	m2	1,17E-005	1,10E-006	5,15E-006	1,37E-007	2,12E-007	5,05E-006
654	Transformation, to traffic area, rail emb	Raw	m2	9,99E-007	9,33E-008	1,75E-008	3,31E-009	8,68E-007	1,69E-008
655	Transformation, to traffic area, rail netw	Raw	m2	1,10E-006	1,03E-007	1,93E-008	3,63E-009	9,54E-007	1,86E-008
656	Transformation, to traffic area, road em	Raw	m2	9,72E-007	7,57E-007	2,66E-008	1,00E-007	4,29E-008	4,44E-008
657	Transformation, to traffic area, road net	Raw	m2	9,01E-006	2,94E-006	3,02E-006	4,41E-007	2,50E-007	2,36E-006
658	Transformation, to unknown	Raw	m2	1,75E-006	1,42E-006	1,27E-007	3,89E-008	5,27E-008	1,12E-007
659	Transformation, to urban, discontinuous	Raw	m2	5,54E-010	3,58E-010	2,46E-011	7,23E-011	6,94E-011	2,91E-011
660	Transformation, to water bodies, artifici	Raw	m2	1,13E-005	9,94E-006	2,17E-007	2,21E-007	5,42E-007	3,65E-007
661	Transformation, to water courses, artific	Raw	m2	8,17E-006	7,59E-006	1,40E-007	1,02E-007	2,31E-007	1,09E-007
662	Tributyltin compounds	Water	kg	1,51E-008	1,35E-008	3,30E-010	4,42E-010	4,38E-010	3,51E-010
663	Triethylene glycol	Water	kg	4,59E-008	4,13E-008	5,95E-010	1,47E-010	1,05E-009	2,82E-009
664	Trimethylamine	Air	kg	2,95E-015	1,14E-015	9,63E-017	7,26E-016	8,02E-016	1,84E-016
665	Trimethylamine	Water	kg	7,09E-015	2,74E-015	2,31E-016	1,74E-015	1,92E-015	4,41E-016
666	Tungsten	Air	kg	4,18E-009	4,00E-009	3,81E-011	1,42E-011	9,77E-011	3,00E-011
667	Tungsten	Water	kg	5,11E-007	4,52E-007	1,63E-008	1,10E-008	1,92E-008	1,25E-008
668	Ulexite, in ground	Raw	kg	2,32E-007	2,23E-007	1,89E-009	6,22E-010	4,85E-009	1,44E-009
669	Uranium	Air	kg	6,20E-011	4,26E-011	5,66E-012	1,55E-012	6,51E-012	5,75E-012
670	Uranium-234	Air	Bq	0,04	0,03	0	0	0	0
671	Uranium-234	Water	Bq	0,07	0,06	0	0	0	0
672	Uranium-235	Air	Bq	0	0	1,57E-005	5,85E-006	4,03E-005	1,24E-005
673	Uranium-235	Water	Bq	0,11	0,11	0	0	0	0
674	Uranium-238	Air	Bq	0,06	0,05	0	0	0	0
675	Uranium-238	Water	Bq	0,2	0,19	0	0	0	0
676	Uranium alpha	Air	Bq	0,17	0,16	0	0	0	0
677	Uranium alpha	Water	Bq	3,25	3,11	0,03	0,01	0,08	0,02
678	Uranium, in ground	Raw	kg	2,57E-005	1,19E-005	1,34E-005	4,30E-008	2,90E-007	9,03E-008

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCI - Expanded Polystyrene 1,95kg

679	Urea	Water	kg	1,03E-013	7,88E-014	4,34E-015	7,36E-015	6,88E-015	5,37E-015
680	Vanadium	Air	kg	6,64E-006	6,48E-006	1,58E-008	8,86E-009	2,77E-008	1,02E-007
681	Vanadium	Soil	kg	1,01E-009	9,71E-010	8,10E-012	1,94E-012	2,24E-011	6,13E-012
682	Vanadium, ion	Water	kg	0	5,50E-006	2,88E-006	5,58E-008	2,11E-007	9,38E-005
683	Vermiculite, in ground	Raw	kg	1,38E-008	1,05E-008	1,09E-009	3,68E-010	6,08E-010	1,15E-009
684	VOC, volatile organic compounds, unsp	Water	kg	3,30E-006	2,89E-006	1,04E-007	1,48E-007	7,65E-008	7,35E-008
685	Volume occupied, final repository for lo	Raw	m3	2,56E-008	2,45E-008	2,34E-010	8,68E-011	5,99E-010	1,84E-010
686	Volume occupied, final repository for ra	Raw	m3	6,47E-009	6,20E-009	5,73E-011	2,00E-011	1,49E-010	4,47E-011
687	Volume occupied, reservoir	Raw	m3y	0,01	0,01	0	8,14E-005	0	0
688	Volume occupied, underground deposit	Raw	m3	1,54E-008	1,22E-008	7,51E-010	2,78E-010	6,30E-010	1,58E-009
689	Water	Air	kg	3,33E-005	2,99E-005	7,41E-007	4,21E-007	1,24E-006	1,03E-006
690	Water, cooling, unspecified natural orig	Raw	m3	0,36	0,03	0,34	9,89E-005	0	0
691	Water, lake	Raw	m3	1,44E-005	1,10E-005	1,14E-006	3,83E-007	6,29E-007	1,22E-006
692	Water, river	Raw	m3	0,01	0,01	0	2,34E-005	0	0
693	Water, salt, ocean	Raw	m3	0	0	0	3,45E-006	1,99E-005	9,30E-006
694	Water, salt, sole	Raw	m3	9,75E-005	8,41E-005	3,46E-006	4,91E-006	2,60E-006	2,41E-006
695	Water, turbine use, unspecified natural	Raw	m3	6,44	6,09	0,08	0,03	0,17	0,07
696	Water, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	0,01	0	0,01	7,36E-005	0	0
697	Water, well, in ground	Raw	m3	0	0	0	6,90E-006	2,99E-005	1,32E-005
698	Wood, hard, standing	Raw	m3	7,07E-006	6,76E-006	6,41E-008	2,20E-008	1,61E-007	5,88E-008
699	Wood, primary forest, standing	Raw	m3	1,23E-009	9,77E-010	4,15E-011	1,14E-010	3,47E-011	5,86E-011
700	Wood, soft, standing	Raw	m3	1,55E-005	1,47E-005	1,93E-007	5,34E-008	4,25E-007	1,49E-007
701	Wood, unspecified, standing/m3	Raw	m3	1,68E-007	7,35E-012	1,68E-007	1,43E-012	5,45E-013	8,42E-012
702	Xenon-131m	Air	Bq	0,79	0,72	0,01	0,01	0,03	0,01
703	Xenon-133	Air	Bq	25,17	22,83	0,5	0,39	0,98	0,46
704	Xenon-133m	Air	Bq	0,11	0,1	0	0	0	0
705	Xenon-135	Air	Bq	10,32	9,38	0,2	0,16	0,4	0,19
706	Xenon-135m	Air	Bq	6,08	5,5	0,12	0,1	0,24	0,11
707	Xenon-137	Air	Bq	0,12	0,1	0	0	0,01	0
708	Xenon-138	Air	Bq	1,04	0,91	0,03	0,02	0,05	0,02
709	Xylene	Air	kg	8,36E-006	5,81E-006	2,22E-006	5,30E-008	1,98E-007	7,32E-008
710	Xylene	Water	kg	8,80E-007	7,67E-007	2,95E-008	4,21E-008	2,14E-008	2,07E-008
711	Zinc	Air	kg	1,15E-006	8,64E-007	1,24E-007	3,78E-008	5,44E-008	6,90E-008
712	Zinc	Soil	kg	2,67E-007	1,04E-007	8,11E-009	1,17E-007	6,35E-009	3,20E-008
713	Zinc-65	Air	Bq	7,87E-007	6,66E-007	2,61E-008	2,40E-008	4,58E-008	2,51E-008
714	Zinc-65	Water	Bq	0	0	6,44E-005	5,93E-005	0	6,19E-005
715	Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag,	Raw	kg	6,55E-005	3,82E-006	5,39E-005	4,14E-006	1,73E-006	1,99E-006
716	Zinc, ion	Water	kg	0	7,58E-005	5,20E-005	1,79E-006	2,21E-006	2,74E-005
717	Zirconium	Air	kg	1,29E-010	4,78E-011	4,21E-012	1,53E-011	2,94E-011	3,23E-011
718	Zirconium-95	Air	Bq	7,69E-007	6,51E-007	2,55E-008	2,35E-008	4,48E-008	2,45E-008
719	Zirconium-95	Water	Bq	2,25E-005	1,90E-005	7,46E-007	6,87E-007	1,31E-006	7,17E-007
720	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in cruc	Raw	kg	1,82E-009	2,46E-010	4,16E-010	7,17E-010	2,49E-011	4,20E-010

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

No	Substance	Compartment	Unit	Total	WWCB – plant	Transport - rail	Transport – lorry	Disposal
1	1-Butanol	Air	kg	1,35E-012	1,20E-012	8,73E-014	5,57E-014	3,43E-016
2	1-Butanol	Water	kg	7,02E-009	5,37E-009	1,24E-010	1,52E-009	1,89E-012
3	1-Pentanol	Air	kg	1,19E-012	1,05E-012	9,15E-014	4,47E-014	2,14E-016
4	1-Pentanol	Water	kg	2,85E-012	2,53E-012	2,20E-013	1,07E-013	5,13E-016
5	1-Pentene	Air	kg	8,98E-013	7,95E-013	6,92E-014	3,38E-014	1,62E-016
6	1-Pentene	Water	kg	2,16E-012	1,91E-012	1,66E-013	8,10E-014	3,88E-016
7	1-Propanol	Air	kg	1,97E-010	1,56E-010	3,69E-011	3,44E-012	6,15E-014
8	1,4-Butanediol	Air	kg	2,66E-011	2,09E-011	7,09E-013	4,97E-012	8,12E-015
9	1,4-Butanediol	Water	kg	1,06E-011	8,35E-012	2,84E-013	1,99E-012	3,25E-015
10	2-Aminopropanol	Air	kg	9,99E-013	9,04E-013	6,79E-014	2,73E-014	3,27E-017
11	2-Aminopropanol	Water	kg	2,51E-012	2,27E-012	1,71E-013	6,87E-014	8,21E-017
12	2-Butene, 2-methyl-	Air	kg	1,99E-016	1,76E-016	1,53E-017	7,49E-018	3,59E-020
13	2-Methyl-1-propanol	Air	kg	3,14E-012	2,80E-012	2,31E-013	1,12E-013	6,48E-016
14	2-Methyl-1-propanol	Water	kg	7,54E-012	6,71E-012	5,55E-013	2,68E-013	1,56E-015
15	2-Methyl-2-butene	Water	kg	4,78E-016	4,23E-016	3,68E-017	1,80E-017	8,61E-020
16	2-Nitrobenzoic acid	Air	kg	1,80E-012	1,63E-012	1,22E-013	4,90E-014	5,71E-017
17	2-Propanol	Air	kg	4,14E-007	3,17E-007	6,68E-009	9,01E-008	1,11E-010
18	2-Propanol	Water	kg	7,91E-012	7,06E-012	6,21E-013	2,25E-013	4,06E-016
19	2,4-D	Soil	kg	1,27E-009	1,08E-009	7,63E-011	1,12E-010	3,73E-012
20	4-Methyl-2-pentanone	Water	kg	2,88E-012	2,59E-012	1,15E-013	1,76E-013	4,88E-016
21	Acenaphthene	Air	kg	9,46E-012	6,50E-012	2,84E-012	1,05E-013	5,34E-015
22	Acenaphthene	Water	kg	7,16E-010	5,56E-010	8,10E-011	7,24E-011	6,80E-012
23	Acenaphthylene	Water	kg	4,48E-011	3,48E-011	5,07E-012	4,53E-012	4,25E-013
24	Acetaldehyde	Air	kg	5,36E-006	4,01E-006	1,13E-006	2,18E-007	1,22E-009
25	Acetaldehyde	Water	kg	1,62E-008	1,09E-008	2,46E-009	2,83E-009	3,66E-012
26	Acetic acid	Air	kg	0	0	1,75E-006	3,65E-007	1,25E-008
27	Acetic acid	Water	kg	2,91E-005	2,90E-005	5,65E-008	2,25E-008	3,89E-010
28	Acetone	Air	kg	1,84E-006	1,35E-006	3,58E-007	1,29E-007	1,19E-009
29	Acetone	Water	kg	8,48E-010	7,68E-010	5,74E-011	2,33E-011	2,76E-014
30	Acetonitrile	Air	kg	3,78E-009	3,21E-009	2,27E-010	3,32E-010	1,11E-011
31	Acetonitrile	Water	kg	8,51E-012	7,70E-012	5,78E-013	2,32E-013	2,64E-016
32	Acetyl chloride	Water	kg	2,24E-012	1,98E-012	1,73E-013	8,42E-014	4,03E-016
33	Acidity, unspecified	Water	kg	1,04E-006	1,02E-006	5,93E-009	1,15E-008	2,02E-010
34	Acronifen	Soil	kg	1,55E-008	1,41E-008	1,06E-009	4,23E-010	4,79E-013
35	Acrolein	Air	kg	4,46E-009	4,00E-009	3,80E-010	8,20E-011	2,34E-012
36	Acrylate, ion	Water	kg	2,54E-009	1,94E-009	4,12E-011	5,52E-010	6,80E-013
37	Acrylic acid	Air	kg	1,07E-009	8,21E-010	1,74E-011	2,33E-010	2,87E-013
38	Actinides, radioactive, unspecified	Air	Bq	0	0	0	3,34E-005	5,33E-007
39	Actinides, radioactive, unspecified	Water	Bq	0,22	0,17	0,05	0	9,02E-005
40	Aerosols, radioactive, unspecified	Air	Bq	0,03	0,02	0,01	0	1,34E-005
41	Aldehydes, unspecified	Air	kg	4,78E-006	4,76E-006	1,77E-008	3,62E-009	8,41E-011
42	Aldrin	Soil	kg	2,76E-011	2,11E-011	4,55E-013	5,99E-012	7,40E-015
43	Aluminium	Air	kg	0	0	6,73E-005	8,69E-006	2,41E-007
44	Aluminium	Water	kg	0,01	0,01	0	0	4,83E-006
45	Aluminium	Soil	kg	5,02E-005	3,78E-005	7,25E-006	4,58E-006	5,11E-007
46	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,01	0,01	0	0	1,45E-006
47	Ammonia	Air	kg	0	0	3,78E-005	9,88E-006	5,13E-007
48	Ammonium carbonate	Air	kg	2,07E-008	2,05E-008	1,50E-010	6,32E-011	1,58E-012
49	Ammonium, ion	Water	kg	4,77E-005	4,14E-005	4,77E-006	1,53E-006	9,36E-008
50	Anhydrite, in ground	Raw	kg	5,06E-006	5,04E-006	4,73E-009	1,19E-008	6,96E-011
51	Aniline	Air	kg	1,06E-011	9,38E-012	7,40E-013	4,72E-013	7,72E-015
52	Aniline	Water	kg	2,62E-011	2,32E-011	1,82E-012	1,15E-012	1,85E-014
53	Anthranilic acid	Air	kg	1,31E-012	1,19E-012	8,89E-014	3,58E-014	4,17E-017
54	Antimony	Air	kg	1,89E-007	1,61E-007	2,28E-008	5,66E-009	4,39E-011
55	Antimony	Water	kg	9,49E-006	8,23E-006	1,05E-006	2,08E-007	2,68E-009
56	Antimony	Soil	kg	5,23E-012	4,57E-012	2,23E-013	4,38E-013	1,38E-015
57	Antimony-122	Water	Bq	0	0	4,27E-005	9,96E-006	2,77E-008
58	Antimony-124	Air	Bq	1,43E-006	1,30E-006	1,06E-007	2,47E-008	6,86E-011
59	Antimony-124	Water	Bq	0,06	0,04	0,01	0	1,47E-005
60	Antimony-125	Air	Bq	1,50E-005	1,36E-005	1,10E-006	2,58E-007	7,16E-010
61	Antimony-125	Water	Bq	0,05	0,04	0,01	0	1,34E-005
62	AOX, Adsorbable Organic Halogen as chlorine	Water	kg	5,46E-007	5,04E-007	2,87E-008	1,23E-008	9,00E-010
63	Argon-41	Air	Bq	12,44	8,54	3,76	0,13	0,01
64	Arsenic	Air	kg	1,79E-006	1,48E-006	2,69E-007	4,43E-008	9,17E-010
65	Arsenic	Soil	kg	2,00E-008	1,51E-008	2,84E-009	1,86E-009	2,04E-010
66	Arsenic, ion	Water	kg	2,75E-005	2,05E-005	6,34E-006	6,92E-007	1,66E-008
67	Arsine	Air	kg	1,25E-014	9,57E-015	2,03E-016	2,72E-015	3,35E-018
68	Atrazine	Soil	kg	7,24E-012	5,54E-012	1,19E-013	1,57E-012	1,94E-015
69	Barite	Water	kg	0	0	6,05E-005	2,98E-005	4,05E-006
70	Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,01	0,01	0	0	8,75E-005
71	Barium	Air	kg	9,79E-007	7,08E-007	2,57E-007	1,38E-008	5,60E-010
72	Barium	Water	kg	0	0	5,40E-005	1,22E-005	1,05E-006
73	Barium	Soil	kg	2,36E-005	1,79E-005	3,25E-006	2,55E-006	2,55E-007
74	Barium-140	Air	Bq	0	0	7,18E-005	1,68E-005	4,66E-008
75	Barium-140	Water	Bq	0	0	0	4,36E-005	1,21E-007
76	Basalt, in ground	Raw	kg	0,01	0,01	0	5,7E-005	7,72E-007
77	Benomyl	Soil	kg	8,07E-012	6,86E-012	4,86E-013	7,09E-013	2,38E-014
78	Bentazone	Soil	kg	7,93E-009	7,18E-009	5,39E-010	2,16E-010	2,44E-013
79	Benzal chloride	Air	kg	4,86E-016	4,37E-016	1,94E-017	2,97E-017	8,22E-020
80	Benzaldehyde	Air	kg	1,99E-009	1,84E-009	1,12E-010	3,81E-011	1,06E-012
81	Benzene	Air	kg	0	0	1,77E-005	1,75E-006	1,22E-007
82	Benzene	Water	kg	0	0	1,04E-006	9,71E-007	7,82E-008
83	Benzene, 1-methyl-2-nitro-	Air	kg	1,55E-012	1,40E-012	1,05E-013	4,24E-014	4,93E-017

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

84	Benzene, 1,2-dichloro-	Air	kg	3,33E-011	3,01E-011	2,28E-012	9,26E-013	1,34E-015
85	Benzene, 1,2-dichloro-	Water	kg	3,19E-009	2,47E-009	7,06E-011	6,52E-010	8,23E-013
86	Benzene, chloro-	Water	kg	6,44E-008	4,96E-008	1,35E-009	1,34E-008	1,69E-011
87	Benzene, ethyl-	Air	kg	3,52E-006	2,92E-006	2,86E-007	2,88E-007	2,28E-008
88	Benzene, ethyl-	Water	kg	2,76E-006	2,14E-006	3,13E-007	2,79E-007	2,62E-008
89	Benzene, hexachloro-	Air	kg	2,95E-009	1,68E-009	1,06E-009	2,05E-010	7,66E-012
90	Benzene, pentachloro-	Air	kg	1,38E-010	1,30E-010	4,70E-012	3,16E-012	2,44E-014
91	Benzo(a)pyrene	Air	kg	8,63E-008	5,69E-008	2,63E-008	2,54E-009	5,07E-010
92	Beryllium	Air	kg	8,97E-008	8,70E-008	2,52E-009	2,25E-010	5,43E-012
93	Beryllium	Water	kg	6,23E-006	4,52E-006	1,59E-006	1,09E-007	3,54E-009
94	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	kg	0,02	0,02	0	0	0
95	Borate	Water	kg	3,18E-010	2,83E-010	2,35E-011	1,09E-011	4,22E-014
96	Borax, in ground	Raw	kg	2,28E-007	2,12E-007	1,27E-008	3,09E-009	4,46E-011
97	Boron	Air	kg	3,36E-005	2,27E-005	1,05E-005	3,60E-007	1,99E-008
98	Boron	Water	kg	0	0	4,65E-005	9,98E-006	1,12E-007
99	Boron	Soil	kg	7,46E-007	6,04E-007	8,41E-008	5,26E-008	5,29E-009
100	Boron trifluoride	Air	kg	1,71E-016	1,31E-016	2,78E-018	3,72E-017	4,59E-020
101	Bromate	Water	kg	6,22E-006	6,05E-006	1,08E-007	6,43E-008	1,11E-009
102	Bromide	Water	kg	2,01E-008	1,79E-008	1,45E-009	7,45E-010	6,28E-012
103	Bromine	Air	kg	3,75E-006	2,55E-006	1,15E-006	4,03E-008	2,18E-009
104	Bromine	Water	kg	0	8,67E-005	1,03E-005	8,40E-006	7,70E-007
105	Bromine, 0.0023% in water	Raw	kg	2,30E-008	2,05E-008	1,67E-009	8,37E-010	6,23E-012
106	Butadiene	Air	kg	1,37E-011	1,06E-011	4,21E-013	2,71E-012	7,40E-015
107	Butane	Air	kg	0	0	1,71E-005	1,27E-005	1,02E-006
108	Butene	Air	kg	2,91E-006	2,32E-006	2,77E-007	2,87E-007	2,28E-008
109	Butene	Water	kg	2,93E-009	2,36E-009	2,07E-010	3,63E-010	8,01E-013
110	Butyl acetate	Water	kg	9,12E-009	6,98E-009	1,61E-010	1,97E-009	2,45E-012
111	Butyrolactone	Air	kg	6,49E-012	4,97E-012	1,26E-013	1,39E-012	1,76E-015
112	Butyrolactone	Water	kg	1,56E-011	1,19E-011	3,02E-013	3,34E-012	4,21E-015
113	Cadmium	Air	kg	5,96E-007	5,12E-007	6,19E-008	2,06E-008	9,29E-010
114	Cadmium	Soil	kg	5,58E-009	3,68E-009	6,47E-010	1,25E-009	1,36E-012
115	Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%,	Raw	kg	5,04E-006	2,71E-006	1,34E-007	2,19E-006	3,92E-010
116	Cadmium, ion	Water	kg	6,99E-006	5,43E-006	1,30E-006	2,57E-007	3,51E-009
117	Calcite, in ground	Raw	kg	31,61	31,45	0,13	0,02	0
118	Calcium	Air	kg	3,06E-005	2,34E-005	6,77E-006	4,57E-007	1,50E-008
119	Calcium	Soil	kg	0	0	3,61E-005	1,86E-005	2,06E-006
120	Calcium, ion	Water	kg	0,09	0,06	0,02	0	8,57E-005
121	Carbetamide	Soil	kg	2,82E-009	2,55E-009	1,92E-010	7,71E-011	9,18E-014
122	Carbofuran	Soil	kg	4,43E-009	3,76E-009	2,66E-010	3,89E-010	1,30E-011
123	Carbon	Soil	kg	0	0	2,01E-005	1,39E-005	1,53E-006
124	Carbon-14	Air	Bq	161,53	126,57	32,71	2,2	0,05
125	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg	0,58	0,54	0,04	0	7,19E-005
126	Carbon dioxide, fossil	Air	kg	31,15	28,58	1,82	0,68	0,06
127	Carbon dioxide, in air	Raw	kg	36,36	36,31	0,04	0	7,86E-005
128	Carbon dioxide, land transformation	Air	kg	0	0	8,27E-005	7,70E-006	3,09E-007
129	Carbon disulfide	Air	kg	2,20E-005	1,80E-005	3,06E-006	8,75E-007	7,67E-009
130	Carbon disulfide	Water	kg	7,42E-011	6,42E-011	6,53E-012	3,45E-012	2,30E-014
131	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg	4,71E-005	3,92E-005	6,98E-006	8,62E-007	1,23E-008
132	Carbon monoxide, fossil	Air	kg	0,03	0,03	0,01	0	0
133	Carbon, in organic matter, in soil	Raw	kg	5,59E-006	4,75E-006	3,37E-007	4,91E-007	1,65E-008
134	Carbonate	Water	kg	6,33E-005	6,24E-005	6,80E-007	2,51E-007	2,00E-009
135	Carboxylic acids, unspecified	Water	kg	0	0	5,64E-005	4,80E-005	4,74E-006
136	Cerium-141	Air	Bq	0	0	1,74E-005	4,06E-006	1,13E-008
137	Cerium-141	Water	Bq	0	0	7,47E-005	1,74E-005	4,84E-008
138	Cerium-144	Water	Bq	0	0	2,28E-005	5,31E-006	1,47E-008
139	Cesium	Water	kg	1,15E-007	8,93E-008	1,30E-008	1,16E-008	1,09E-009
140	Cesium-134	Air	Bq	1,13E-005	1,03E-005	8,34E-007	1,95E-007	5,41E-010
141	Cesium-134	Water	Bq	0,03	0,02	0,01	0	1,23E-005
142	Cesium-136	Water	Bq	0	0	1,33E-005	3,09E-006	8,60E-009
143	Cesium-137	Air	Bq	0	0	1,48E-005	3,45E-006	9,59E-009
144	Cesium-137	Water	Bq	25,85	19,57	5,94	0,33	0,01
145	Chloramine	Air	kg	6,25E-012	5,57E-012	4,62E-013	2,13E-013	8,17E-016
146	Chloramine	Water	kg	5,68E-011	5,07E-011	4,20E-012	1,93E-012	7,32E-015
147	Chlorate	Water	kg	5,14E-005	5,00E-005	8,68E-007	5,03E-007	9,34E-009
148	Chloride	Water	kg	0,1	0,08	0,01	0,01	0
149	Chloride	Soil	kg	0	0	0	0	1,99E-006
150	Chlorinated solvents, unspecified	Water	kg	2,46E-007	2,45E-007	7,83E-010	4,04E-010	5,97E-012
151	Chlorine	Air	kg	4,92E-006	4,04E-006	5,68E-007	3,08E-007	6,81E-009
152	Chlorine	Water	kg	1,10E-006	1,08E-006	2,10E-008	5,41E-009	7,10E-011
153	Chloroacetic acid	Air	kg	3,07E-009	1,04E-009	1,98E-009	5,64E-011	1,20E-013
154	Chloroacetic acid	Water	kg	1,78E-007	1,57E-007	1,65E-008	4,77E-009	5,59E-012
155	Chloroacetyl chloride	Water	kg	3,35E-012	3,03E-012	2,28E-013	9,16E-014	1,09E-016
156	Chloroform	Air	kg	3,76E-009	3,10E-009	4,24E-010	2,36E-010	8,79E-013
157	Chloroform	Water	kg	1,45E-010	1,11E-010	2,53E-012	3,09E-011	3,83E-014
158	Chlorosilane, trimethyl-	Air	kg	2,63E-009	2,51E-009	8,22E-011	3,17E-011	3,87E-013
159	Chlorosulfonic acid	Air	kg	1,24E-011	1,12E-011	8,43E-013	3,38E-013	3,85E-016
160	Chlorosulfonic acid	Water	kg	3,10E-011	2,80E-011	2,10E-012	8,42E-013	9,60E-016
161	Chlorothalonil	Soil	kg	1,61E-008	1,39E-008	1,38E-009	7,66E-010	5,23E-012
162	Chromium	Air	kg	1,45E-005	1,05E-005	3,82E-006	1,81E-007	2,10E-008
163	Chromium	Soil	kg	2,81E-007	2,10E-007	4,04E-008	2,86E-008	2,57E-009
164	Chromium-51	Air	Bq	1,51E-005	1,37E-005	1,12E-006	2,60E-007	7,23E-010
165	Chromium-51	Water	Bq	0,2	0,18	0,02	0	1,55E-005
166	Chromium VI	Air	kg	3,91E-007	2,83E-007	1,03E-007	4,03E-009	4,94E-010
167	Chromium VI	Water	kg	8,70E-005	5,57E-005	2,71E-005	4,06E-006	1,59E-007
168	Chromium VI	Soil	kg	1,54E-006	1,39E-006	1,07E-007	4,14E-008	1,09E-009

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

169	Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in	Raw	kg	0	0	0	4,33E-005	5,64E-006
170	Chromium, ion	Water	kg	6,66E-007	4,89E-007	1,22E-007	5,17E-008	3,48E-009
171	Chrysotile, in ground	Raw	kg	1,18E-006	1,15E-006	2,18E-008	1,27E-008	2,08E-010
172	Cinnabar, in ground	Raw	kg	1,26E-007	1,23E-007	1,89E-009	1,12E-009	1,98E-011
173	Clay, bentonite, in ground	Raw	kg	0	0	0	0	1,51E-005
174	Clay, unspecified, in ground	Raw	kg	11,91	11,87	0,04	0,01	5,84E-005
175	Coal, brown, in ground	Raw	kg	1,3	0,88	0,4	0,01	0
176	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	kg	2,43	2,09	0,31	0,03	0
177	Cobalt	Air	kg	6,57E-007	5,10E-007	1,33E-007	1,33E-008	1,13E-009
178	Cobalt	Water	kg	0	7,32E-005	2,70E-005	1,82E-006	7,66E-008
179	Cobalt	Soil	kg	2,40E-009	1,73E-009	6,40E-010	3,41E-011	1,20E-012
180	Cobalt-57	Water	Bq	0,01	0,01	0	9,82E-005	2,73E-007
181	Cobalt-58	Air	Bq	2,11E-005	1,91E-005	1,55E-006	3,63E-007	1,01E-009
182	Cobalt-58	Water	Bq	0,93	0,82	0,1	0,02	0
183	Cobalt-60	Air	Bq	0	0	1,37E-005	3,20E-006	8,90E-009
184	Cobalt-60	Water	Bq	0,81	0,72	0,08	0,01	9,08E-005
185	Cobalt, in ground	Raw	kg	2,83E-008	1,84E-008	4,60E-009	4,83E-009	4,57E-010
186	COD, Chemical Oxygen Demand	Water	kg	0,02	0,02	0	0	0
187	Colemanite, in ground	Raw	kg	7,91E-006	6,32E-006	4,20E-007	1,17E-006	3,50E-009
188	Copper	Air	kg	1,81E-005	1,49E-005	1,79E-006	1,42E-006	2,95E-008
189	Copper	Soil	kg	2,34E-006	2,16E-006	7,90E-008	1,03E-007	7,24E-010
190	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% an	Raw	kg	0	0	2,91E-005	8,18E-006	5,26E-008
191	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% an	Raw	kg	0	0	0	4,46E-005	2,90E-007
192	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% an	Raw	kg	0	0	4,28E-005	1,18E-005	7,68E-008
193	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% an	Raw	kg	0	0	0	5,98E-005	3,82E-007
194	Copper, ion	Water	kg	0	0	2,01E-005	2,95E-006	5,59E-008
195	Cumene	Air	kg	0	0	6,87E-008	8,58E-008	1,75E-009
196	Cumene	Water	kg	0	0	1,65E-007	2,06E-007	4,21E-009
197	Cyanide	Air	kg	4,89E-007	4,26E-007	5,28E-008	9,32E-009	2,84E-010
198	Cyanide	Water	kg	2,80E-006	2,29E-006	3,57E-007	1,55E-007	3,96E-009
199	Cyanoacetic acid	Air	kg	1,02E-011	9,20E-012	6,90E-013	2,77E-013	3,15E-016
200	Cypermethrin	Soil	kg	6,87E-010	5,87E-010	4,18E-011	5,66E-011	1,84E-012
201	Diatomite, in ground	Raw	kg	1,22E-009	7,15E-010	7,58E-011	4,32E-010	1,43E-013
202	Dichromate	Water	kg	4,03E-008	3,63E-008	2,81E-009	1,08E-009	2,84E-011
203	Diethylamine	Air	kg	5,26E-012	4,67E-012	3,66E-013	2,25E-013	3,44E-015
204	Diethylamine	Water	kg	1,26E-011	1,12E-011	8,79E-013	5,39E-013	8,26E-015
205	Dimethyl malonate	Air	kg	1,28E-011	1,15E-011	8,66E-013	3,47E-013	3,95E-016
206	Dimethylamine	Water	kg	8,49E-011	7,67E-011	5,77E-012	2,39E-012	5,85E-015
207	Dinitrogen monoxide	Air	kg	0	0	4,94E-005	2,14E-005	1,96E-006
208	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	Air	kg	2,87E-011	2,74E-011	1,04E-012	2,21E-013	9,05E-015
209	Dipropylamine	Air	kg	2,77E-012	2,44E-012	1,93E-013	1,27E-013	2,18E-015
210	Dipropylamine	Water	kg	6,64E-012	5,86E-012	4,64E-013	3,06E-013	5,23E-015
211	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	kg	0,01	0,01	0	0	7,55E-005
212	Dolomite, in ground	Raw	kg	0	0	0	4,63E-005	2,08E-006
213	Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	MJ	409,23	408,84	0,37	0,02	0
214	Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	MJ	0	0	2,33E-005	3,40E-005	1,14E-006
215	Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	MJ	0,53	0,36	0,17	0,01	0
216	Energy, potential (in hydropower reserv	Raw	MJ	9,06	7,59	1,35	0,12	0
217	Energy, solar, converted	Raw	MJ	0,01	0,01	0	0	4,53E-006
218	Ethane	Air	kg	0	0	3,08E-005	5,25E-006	4,42E-007
219	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	kg	3,84E-009	2,86E-009	9,33E-010	4,72E-011	1,67E-012
220	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	kg	1,72E-011	1,38E-011	3,06E-012	3,23E-013	5,15E-015
221	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	kg	3,11E-006	1,67E-006	1,07E-007	1,33E-006	2,34E-010
222	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, C	Air	kg	5,09E-011	3,90E-011	8,27E-013	1,11E-011	1,36E-014
223	Ethane, 1,2-dichloro-	Air	kg	8,08E-006	8,05E-006	2,49E-008	6,14E-009	1,27E-010
224	Ethane, 1,2-dichloro-	Water	kg	3,04E-008	2,82E-008	1,96E-009	2,42E-010	1,22E-011
225	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-	Air	kg	7,23E-008	5,76E-008	1,36E-008	1,02E-009	2,23E-011
226	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	kg	1,81E-007	1,14E-007	5,37E-008	1,28E-008	2,45E-011
227	Ethanol	Air	kg	2,04E-006	1,49E-006	5,12E-007	2,97E-008	1,65E-009
228	Ethanol	Water	kg	1,83E-008	1,43E-008	4,41E-010	3,55E-009	4,46E-012
229	Ethene	Air	kg	0	0	2,78E-006	1,07E-006	6,27E-008
230	Ethene	Water	kg	0	0	6,62E-008	7,37E-008	1,76E-009
231	Ethene, chloro-	Air	kg	1,68E-006	1,66E-006	1,55E-008	2,15E-009	3,70E-011
232	Ethene, chloro-	Water	kg	8,02E-009	7,80E-009	2,03E-010	1,89E-011	3,16E-013
233	Ethene, tetrachloro-	Air	kg	4,04E-011	3,23E-011	7,36E-012	7,72E-013	1,25E-014
234	Ethyl acetate	Air	kg	1,93E-006	1,48E-006	3,41E-008	4,18E-007	5,20E-010
235	Ethyl acetate	Water	kg	1,38E-011	1,07E-011	2,30E-012	7,71E-013	9,09E-015
236	Ethyl cellulose	Air	kg	3,89E-009	2,98E-009	6,31E-011	8,46E-010	1,04E-012
237	Ethylamine	Air	kg	3,58E-012	3,16E-012	3,01E-013	1,14E-013	3,58E-016
238	Ethylamine	Water	kg	8,59E-012	7,59E-012	7,22E-013	2,73E-013	8,59E-016
239	Ethylene diamine	Air	kg	2,05E-011	1,61E-011	1,57E-012	2,83E-012	5,29E-015
240	Ethylene diamine	Water	kg	4,94E-011	3,87E-011	3,77E-012	6,84E-012	1,27E-014
241	Ethylene oxide	Air	kg	1,87E-006	1,86E-006	9,63E-010	1,26E-009	2,26E-011
242	Ethylene oxide	Water	kg	1,81E-009	1,48E-009	6,03E-011	2,73E-010	3,57E-013
243	Ethyne	Air	kg	4,74E-007	3,30E-007	1,24E-007	1,93E-008	7,90E-010
244	Feldspar, in ground	Raw	kg	1,76E-009	1,43E-009	2,99E-010	3,30E-011	3,72E-013
245	Fenpiclonil	Soil	kg	1,17E-009	1,03E-009	9,08E-011	4,47E-011	2,22E-013
246	Fluoride	Water	kg	0	0	9,77E-005	6,01E-005	3,60E-007
247	Fluoride	Soil	kg	3,41E-006	2,73E-006	3,98E-007	2,54E-007	2,62E-008
248	Fluorine	Air	kg	4,58E-006	3,56E-006	9,59E-007	6,41E-008	1,71E-009
249	Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude c	Raw	kg	7,91E-006	5,95E-006	1,34E-006	5,76E-007	5,00E-008
250	Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude c	Raw	kg	4,67E-006	3,63E-006	7,27E-007	2,87E-007	2,21E-008
251	Fluorspar, 92%, in ground	Raw	kg	0	0	4,81E-005	1,62E-005	1,40E-006
252	Fluosilicic acid	Air	kg	2,07E-007	1,31E-007	6,27E-008	1,41E-008	2,75E-011
253	Fluosilicic acid	Water	kg	3,73E-007	2,35E-007	1,13E-007	2,54E-008	4,95E-011

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

254	Formaldehyde	Air	kg	3,07E-005	2,61E-005	4,08E-006	5,44E-007	5,95E-009
255	Formaldehyde	Water	kg	1,73E-005	1,73E-005	1,96E-008	1,27E-008	2,26E-010
256	Formamide	Air	kg	2,17E-012	1,92E-012	1,67E-013	8,17E-014	3,91E-016
257	Formamide	Water	kg	5,22E-012	4,62E-012	4,02E-013	1,96E-013	9,39E-016
258	Formate	Water	kg	2,45E-009	2,21E-009	1,72E-010	6,73E-011	8,62E-014
259	Formic acid	Air	kg	2,77E-008	2,33E-008	1,56E-009	2,74E-009	7,51E-011
260	Formic acid	Water	kg	1,51E-012	1,34E-012	1,17E-013	5,69E-014	2,73E-016
261	Furan	Air	kg	7,17E-009	6,09E-009	4,32E-010	6,30E-010	2,11E-011
262	Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Raw	kg	2,96E-011	2,21E-011	7,19E-012	3,64E-013	1,28E-014
263	Gas, mine, off-gas, process, coal minin	Raw	m3	0,03	0,03	0	0	1,03E-005
264	Gas, natural, in ground	Raw	m3	1,24	1,09	0,13	0,02	0
265	Glutaraldehyde	Water	kg	4,36E-008	3,19E-008	7,47E-009	3,68E-009	5,00E-010
266	Glyphosate	Soil	kg	1,95E-006	3,48E-007	1,57E-006	3,14E-008	1,02E-010
267	Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore,	Raw	kg	3,81E-009	2,92E-009	6,19E-011	8,29E-010	1,02E-012
268	Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore,	Raw	kg	6,99E-009	5,35E-009	1,14E-010	1,52E-009	1,87E-012
269	Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	8,37E-009	6,41E-009	1,36E-010	1,82E-009	2,24E-012
270	Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore,	Raw	kg	1,28E-008	9,79E-009	2,08E-010	2,78E-009	3,43E-012
271	Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	3,17E-009	2,43E-009	5,15E-011	6,89E-010	8,49E-013
272	Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Raw	kg	7,59E-009	5,81E-009	1,23E-010	1,65E-009	2,03E-012
273	Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	1,17E-008	9,00E-009	1,91E-010	2,55E-009	3,15E-012
274	Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	1,32E-008	1,01E-008	2,15E-010	2,88E-009	3,55E-012
275	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.6	Raw	kg	7,94E-010	6,08E-010	1,29E-011	1,73E-010	2,13E-013
276	Granite, in ground	Raw	kg	1,84E-011	1,66E-011	1,18E-012	6,63E-013	2,98E-015
277	Gravel, in ground	Raw	kg	6,92	2,86	3,21	0,84	0
278	Gypsum, in ground	Raw	kg	4,19E-007	3,09E-007	8,32E-008	2,67E-008	5,98E-010
279	Heat, waste	Air	MJ	260,86	216,61	33,08	10,34	0,84
280	Heat, waste	Water	MJ	6,17	4,35	1,61	0,2	0,02
281	Heat, waste	Soil	MJ	0,17	0,15	0,01	0,01	0
282	Helium	Air	kg	1,23E-005	1,06E-005	5,80E-007	1,17E-006	4,13E-008
283	Heptane	Air	kg	2,91E-005	2,32E-005	2,77E-006	2,87E-006	2,28E-007
284	Hexane	Air	kg	7,33E-005	5,76E-005	9,04E-006	6,26E-006	4,92E-007
285	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	kg	1,87E-006	1,87E-006	1,65E-009	1,40E-009	3,00E-011
286	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unsp	Air	kg	6,44E-005	4,16E-005	1,86E-005	3,96E-006	1,38E-007
287	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unsp	Water	kg	1,50E-005	1,16E-005	1,69E-006	1,51E-006	1,42E-007
288	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	kg	8,74E-006	6,09E-006	2,54E-006	1,09E-007	5,34E-009
289	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	kg	1,38E-006	1,07E-006	1,56E-007	1,40E-007	1,31E-008
290	Hydrocarbons, aromatic	Air	kg	3,60E-005	3,01E-005	4,77E-006	1,08E-006	3,46E-008
291	Hydrocarbons, aromatic	Water	kg	6,14E-005	4,76E-005	6,97E-006	6,19E-006	5,83E-007
292	Hydrocarbons, chlorinated	Air	kg	4,68E-007	4,33E-007	2,68E-008	8,16E-009	5,86E-011
293	Hydrocarbons, unspecified	Water	kg	6,24E-005	6,01E-005	1,51E-006	6,98E-007	7,95E-008
294	Hydrogen	Air	kg	6,78E-005	6,53E-005	1,76E-006	7,07E-007	3,94E-008
295	Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	751,79	562,39	179,61	9,47	0,32
296	Hydrogen-3, Tritium	Water	Bq	58869,1	44508,51	13582,37	754,45	23,76
297	Hydrogen chloride	Air	kg	0	0	8,10E-005	5,35E-006	2,45E-007
298	Hydrogen fluoride	Air	kg	5,71E-005	3,89E-005	1,71E-005	1,07E-006	4,07E-008
299	Hydrogen peroxide	Air	kg	2,89E-009	2,21E-009	4,86E-011	6,27E-010	7,76E-013
300	Hydrogen peroxide	Water	kg	3,32E-008	2,72E-008	7,00E-010	5,31E-009	8,10E-012
301	Hydrogen sulfide	Air	kg	2,35E-005	1,68E-005	5,95E-006	7,88E-007	3,44E-008
302	Hydrogen sulfide	Water	kg	2,40E-006	1,85E-006	4,63E-007	8,06E-008	6,66E-009
303	Hydroxide	Water	kg	8,32E-008	6,37E-008	2,19E-009	1,74E-008	2,29E-011
304	Hypochlorite	Water	kg	2,25E-006	1,53E-006	6,84E-007	2,47E-008	1,28E-009
305	Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, P	Raw	kg	8,54E-008	4,63E-008	2,60E-009	3,65E-008	7,17E-012
306	Iodide	Water	kg	1,17E-005	9,08E-006	1,37E-006	1,17E-006	1,09E-007
307	Iodine	Air	kg	1,96E-006	1,32E-006	6,13E-007	2,10E-008	1,16E-009
308	Iodine-129	Air	Bq	0,14	0,1	0,03	0	5,55E-005
309	Iodine-131	Air	Bq	4,75	3,22	1,48	0,05	0
310	Iodine-131	Water	Bq	0,01	0,01	0	0	2,66E-006
311	Iodine-133	Air	Bq	0	0	0	2,34E-005	1,20E-007
312	Iodine-133	Water	Bq	0	0	0	2,74E-005	7,61E-008
313	Iodine-135	Air	Bq	0	0	8,44E-005	7,37E-006	1,39E-007
314	Iodine, 0.03% in water	Raw	kg	5,47E-009	4,87E-009	3,94E-010	2,10E-010	2,08E-012
315	Iron	Air	kg	8,44E-005	6,50E-005	1,80E-005	1,32E-006	4,24E-008
316	Iron	Soil	kg	0	0	0	1,43E-005	1,16E-006
317	Iron-59	Water	Bq	0	0	3,23E-005	7,53E-006	2,09E-008
318	Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in g	Raw	kg	0,29	0,16	0,1	0,02	0
319	Iron, ion	Water	kg	0,01	0,01	0	0	7,20E-006
320	Isocyanic acid	Air	kg	2,54E-007	6,84E-008	1,85E-007	8,84E-010	3,04E-011
321	Isoprene	Air	kg	3,33E-010	2,83E-010	2,00E-011	2,92E-011	9,80E-013
322	Isopropylamine	Air	kg	1,43E-012	1,28E-012	1,12E-013	4,06E-014	7,34E-017
323	Isopropylamine	Water	kg	3,43E-012	3,06E-012	2,69E-013	9,75E-014	1,76E-016
324	Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	kg	4,75E-005	3,73E-005	3,91E-006	6,22E-006	1,30E-008
325	Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	3,86E-007	2,50E-007	2,64E-008	1,10E-007	6,35E-011
326	Krypton-85	Air	Bq	39,59	27,33	11,81	0,42	0,02
327	Krypton-85m	Air	Bq	14,6	13,13	1,22	0,25	0
328	Krypton-87	Air	Bq	3,56	3,13	0,37	0,06	0
329	Krypton-88	Air	Bq	4,47	3,98	0,41	0,07	0
330	Krypton-89	Air	Bq	1,78	1,61	0,14	0,03	0
331	Lactic acid	Air	kg	2,17E-012	1,91E-012	1,52E-013	9,97E-014	1,71E-015
332	Lactic acid	Water	kg	5,20E-012	4,59E-012	3,64E-013	2,39E-013	4,10E-015
333	Lanthanum-140	Air	Bq	8,32E-005	7,56E-005	6,14E-006	1,43E-006	3,98E-009
334	Lanthanum-140	Water	Bq	0	0	0	4,65E-005	1,29E-007
335	Lead	Air	kg	8,10E-006	6,61E-006	1,17E-006	3,14E-007	6,50E-009
336	Lead	Water	kg	1,87E-005	1,47E-005	3,46E-006	5,13E-007	1,46E-008
337	Lead	Soil	kg	1,18E-007	6,57E-008	6,00E-009	4,67E-008	1,49E-011
338	Lead-210	Air	Bq	0,59	0,42	0,17	0,01	0

## ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

339	Lead-210	Water	Bq	0,32	0,23	0,08	0,01	0
340	Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag	Raw	kg	0	0	1,21E-005	8,36E-005	6,33E-008
341	Linuron	Soil	kg	1,20E-007	1,08E-007	8,13E-009	3,26E-009	3,89E-012
342	Lithium, 0.15% in brine, in ground	Raw	kg	6,29E-011	5,57E-011	4,84E-012	2,36E-012	1,13E-014
343	Lithium, ion	Water	kg	7,40E-007	6,65E-007	2,95E-008	4,52E-008	1,25E-010
344	m-Xylene	Air	kg	1,16E-007	8,28E-008	3,23E-008	1,29E-009	5,90E-011
345	m-Xylene	Water	kg	2,61E-011	2,34E-011	1,24E-012	1,47E-012	4,53E-015
346	Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,02	0,01	0	0	1,12E-005
347	Magnesium	Air	kg	1,04E-005	7,90E-006	2,32E-006	1,93E-007	6,89E-009
348	Magnesium	Water	kg	0,04	0,03	0,01	0	3,01E-005
349	Magnesium	Soil	kg	4,20E-005	3,16E-005	6,34E-006	3,67E-006	4,10E-007
350	Magnesium, 0.13% in water	Raw	kg	5,87E-007	5,68E-007	1,56E-008	3,09E-009	3,04E-011
351	Mancozeb	Soil	kg	2,09E-008	1,81E-008	1,79E-009	9,95E-010	6,80E-012
352	Manganese	Air	kg	2,67E-006	1,99E-006	6,19E-007	6,03E-008	1,85E-009
353	Manganese	Water	kg	0	0	0	6,06E-005	1,98E-006
354	Manganese	Soil	kg	4,43E-006	3,23E-006	9,68E-007	2,09E-007	2,17E-008
355	Manganese-54	Air	Bq	7,74E-006	7,04E-006	5,72E-007	1,33E-007	3,70E-010
356	Manganese-54	Water	Bq	0,06	0,05	0,01	0	7,14E-006
357	Manganese, 35.7% in sedimentary dep	Raw	kg	0	0	0	1,72E-005	3,74E-006
358	Mercury	Air	kg	1,41E-006	1,22E-006	1,64E-007	2,96E-008	1,14E-009
359	Mercury	Water	kg	1,16E-006	8,26E-007	3,15E-007	1,87E-008	8,60E-010
360	Mercury	Soil	kg	1,40E-010	1,24E-010	1,14E-011	4,77E-012	1,75E-014
361	Metalddehyde	Soil	kg	5,36E-010	4,85E-010	3,65E-011	1,47E-011	1,86E-014
362	Metamorphous rock, graphite containin	Raw	kg	1,11E-005	7,00E-006	3,34E-006	7,50E-007	1,59E-009
363	Methane, biogenic	Air	kg	0	0	5,39E-005	2,86E-006	1,05E-007
364	Methane, bromo-, Halon 1001	Air	kg	1,11E-016	9,99E-017	4,43E-018	6,80E-018	1,88E-020
365	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon	Air	kg	2,90E-008	2,26E-008	5,92E-009	3,88E-010	3,14E-011
366	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	kg	9,44E-008	7,71E-008	7,38E-009	9,35E-009	5,90E-010
367	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	kg	1,28E-007	9,85E-008	2,80E-008	1,93E-009	1,19E-010
368	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	kg	2,28E-009	2,20E-009	6,70E-011	1,35E-011	1,34E-013
369	Methane, dichloro-, HCC-30	Water	kg	1,20E-006	9,05E-007	1,65E-007	1,15E-007	1,29E-008
370	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	kg	3,11E-010	2,46E-010	3,42E-011	3,02E-011	2,09E-013
371	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	kg	3,88E-013	2,97E-013	1,82E-014	7,28E-014	1,12E-016
372	Methane, fossil	Air	kg	0,04	0,03	0	0	3,75E-005
373	Methane, monochloro-, R-40	Air	kg	4,91E-010	3,99E-010	8,26E-011	9,09E-012	1,42E-013
374	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	kg	9,00E-008	8,88E-008	6,81E-010	4,42E-010	1,09E-011
375	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	kg	1,60E-006	1,01E-006	4,83E-007	1,09E-007	2,12E-010
376	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	kg	6,30E-013	4,82E-013	2,96E-014	1,18E-013	1,82E-016
377	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	kg	1,23E-010	9,44E-011	5,80E-012	2,32E-011	3,56E-014
378	Methanesulfonic acid	Air	kg	1,03E-011	9,30E-012	6,98E-013	2,80E-013	3,18E-016
379	Methanol	Air	kg	0	0	7,50E-007	2,30E-007	6,51E-009
380	Methanol	Water	kg	5,62E-006	5,52E-006	8,48E-008	1,81E-008	4,65E-010
381	Methyl acetate	Air	kg	4,16E-013	3,77E-013	2,82E-014	1,14E-014	1,32E-017
382	Methyl acetate	Water	kg	9,99E-013	9,04E-013	6,78E-014	2,73E-014	3,18E-017
383	Methyl acrylate	Air	kg	1,22E-009	9,31E-010	1,98E-011	2,64E-010	3,26E-013
384	Methyl acrylate	Water	kg	2,38E-008	1,82E-008	3,86E-010	5,17E-009	6,37E-012
385	Methyl amine	Air	kg	6,15E-012	5,22E-012	3,01E-013	6,29E-013	1,85E-015
386	Methyl amine	Water	kg	1,48E-011	1,25E-011	7,22E-013	1,51E-012	4,43E-015
387	Methyl borate	Air	kg	5,13E-013	4,55E-013	3,88E-014	1,87E-014	8,17E-017
388	Methyl ethyl ketone	Air	kg	1,93E-006	1,48E-006	3,40E-008	4,18E-007	5,20E-010
389	Methyl formate	Air	kg	5,29E-012	4,12E-012	1,20E-013	1,05E-012	1,37E-015
390	Methyl formate	Water	kg	2,11E-012	1,64E-012	4,80E-014	4,18E-013	5,46E-016
391	Methyl lactate	Air	kg	2,38E-012	2,10E-012	1,66E-013	1,10E-013	1,87E-015
392	Metolachlor	Soil	kg	8,67E-007	7,84E-007	5,88E-008	2,36E-008	2,67E-011
393	Metribuzin	Soil	kg	7,35E-010	6,36E-010	6,32E-011	3,51E-011	2,39E-013
394	Molybdenum	Air	kg	2,33E-007	1,77E-007	5,01E-008	5,52E-009	4,12E-010
395	Molybdenum	Water	kg	2,44E-005	1,78E-005	6,10E-006	4,59E-007	1,33E-008
396	Molybdenum	Soil	kg	5,42E-010	3,98E-010	1,33E-010	1,07E-011	2,62E-013
397	Molybdenum-99	Water	Bq	0	0	6,86E-005	1,60E-005	4,45E-008
398	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	2,78E-005	2,28E-005	3,94E-006	1,11E-006	7,11E-009
399	Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	3,96E-006	3,24E-006	5,62E-007	1,55E-007	1,01E-009
400	Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	2,31E-005	1,51E-005	7,72E-006	1,94E-007	4,09E-008
401	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2	Raw	kg	1,45E-005	1,19E-005	2,06E-006	5,70E-007	3,70E-009
402	Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E	Raw	kg	4,65E-005	3,04E-005	1,56E-005	3,86E-007	8,25E-008
403	Monoethanolamine	Air	kg	1,35E-007	1,17E-007	5,84E-009	1,14E-008	2,80E-011
404	Napropamide	Soil	kg	9,48E-010	8,57E-010	6,46E-011	2,60E-011	3,30E-014
405	Nickel	Air	kg	7,45E-006	6,18E-006	1,02E-006	2,33E-007	1,35E-008
406	Nickel	Soil	kg	4,33E-008	2,48E-008	3,13E-009	1,53E-008	8,60E-012
407	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and	Raw	kg	4,38E-005	4,32E-005	4,19E-007	1,44E-007	1,92E-009
408	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crud	Raw	kg	0,01	0,01	0	0	1,96E-005
409	Nickel, ion	Water	kg	0	0	0	7,08E-006	3,64E-007
410	Niobium-95	Air	Bq	9,19E-007	8,35E-007	6,78E-008	1,58E-008	4,40E-011
411	Niobium-95	Water	Bq	0	0	0	7,64E-005	1,11E-006
412	Nitrate	Air	kg	8,56E-007	6,69E-007	1,75E-007	1,15E-008	3,03E-010
413	Nitrate	Water	kg	0	0	0	5,53E-005	2,43E-006
414	Nitrite	Water	kg	6,05E-007	4,51E-007	1,25E-007	2,90E-008	4,04E-010
415	Nitrobenzene	Air	kg	1,57E-011	1,40E-011	1,10E-012	6,74E-013	1,04E-014
416	Nitrobenzene	Water	kg	6,31E-011	5,60E-011	4,39E-012	2,70E-012	4,15E-014
417	Nitrogen	Water	kg	4,16E-005	3,22E-005	8,61E-006	7,24E-007	6,63E-008
418	Nitrogen oxides	Air	kg	0,07	0,05	0,01	0,01	0
419	Nitrogen, organic bound	Water	kg	2,27E-005	1,83E-005	3,21E-006	1,08E-006	8,03E-008
420	NMVOOC, non-methane volatile organic	Air	kg	0,01	0,01	0	0	9,99E-005
421	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	Bq	1316235	994210,2	304654,72	16836,55	533,55
422	o-Xylene	Water	kg	1,52E-011	1,36E-011	6,05E-013	9,28E-013	2,57E-015
423	Occupation, arable, non-irrigated	Raw	m2a	0	0	0	0	1,38E-007

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

424	Occupation, construction site	Raw	m2a	0	0	7,57E-005	2,72E-005	2,13E-006
425	Occupation, dump site	Raw	m2a	0,01	0,01	0	0	7,14E-006
426	Occupation, dump site, benthos	Raw	m2a	0	0	9,71E-005	4,78E-005	6,50E-006
427	Occupation, forest, intensive	Raw	m2a	0	0	0	0	9,57E-007
428	Occupation, forest, intensive, normal	Raw	m2a	5,96	5,93	0,03	0	7,46E-005
429	Occupation, forest, intensive, short-cycl	Raw	m2a	9,72E-005	8,26E-005	5,85E-006	8,54E-006	2,87E-007
430	Occupation, industrial area	Raw	m2a	0,04	0,04	0	0	5,59E-005
431	Occupation, industrial area, benthos	Raw	m2a	5,27E-006	3,98E-006	8,11E-007	4,29E-007	5,01E-008
432	Occupation, industrial area, built up	Raw	m2a	0,03	0,03	0	0	4,63E-006
433	Occupation, industrial area, vegetation	Raw	m2a	0,06	0,06	0	0	1,87E-006
434	Occupation, industrial area, benthos	Raw	m2a	0,01	0,01	0	0	6,60E-006
435	Occupation, permanent crop, fruit, inter	Raw	m2a	0	0	8,01E-006	1,24E-005	4,12E-007
436	Occupation, shrub land, sclerophyllus	Raw	m2a	0	0	6,60E-005	1,89E-005	1,53E-007
437	Occupation, traffic area, rail embankme	Raw	m2a	0,03	0	0,02	3,93E-005	1,05E-006
438	Occupation, traffic area, rail network	Raw	m2a	0,03	0,01	0,03	4,35E-005	1,16E-006
439	Occupation, traffic area, road embankm	Raw	m2a	0,06	0,06	0	0	9,28E-007
440	Occupation, traffic area, road network	Raw	m2a	0,02	0,01	0	0,01	2,34E-005
441	Occupation, urban, discontinuously built	Raw	m2a	3,06E-006	2,74E-006	2,17E-007	1,00E-007	1,68E-009
442	Occupation, water bodies, artificial	Raw	m2a	0,01	0,01	0	0	6,71E-006
443	Occupation, water courses, artificial	Raw	m2a	0,01	0,01	0	0	6,07E-006
444	Oil, crude, in ground	Raw	kg	2,76	2,32	0,21	0,21	0,02
445	Oils, biogenic	Soil	kg	0	9,11E-005	1,72E-005	5,43E-008	1,38E-009
446	Oils, unspecified	Water	kg	0,01	0	0	0	7,46E-005
447	Oils, unspecified	Soil	kg	0,01	0	0	0	7,88E-005
448	Olivine, in ground	Raw	kg	1,73E-006	1,73E-006	1,96E-009	5,32E-009	2,45E-011
449	Orbencarb	Soil	kg	3,97E-009	3,44E-009	3,41E-010	1,89E-010	1,29E-012
450	Ozone	Air	kg	4,46E-005	3,33E-005	1,08E-005	5,73E-007	1,90E-008
451	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	kg	1,31E-006	8,65E-007	3,09E-007	8,32E-008	5,15E-008
452	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	kg	7,27E-007	5,47E-007	1,09E-007	6,53E-008	6,56E-009
453	Particulates, < 2.5 um	Air	kg	0	0	0	0	0
454	Particulates, > 10 um	Air	kg	0,01	0,01	0	0	0
455	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	kg	0,01	0	0	0	0
456	Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-4%	Raw	kg	2,50E-009	1,87E-009	2,68E-010	3,41E-010	2,15E-011
457	Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-4%	Raw	kg	6,00E-009	4,49E-009	6,44E-010	8,19E-010	5,18E-011
458	Peat, in ground	Raw	kg	0	0	2,99E-006	6,42E-006	1,15E-008
459	Pentane	Air	kg	0	0	2,17E-005	1,61E-005	1,26E-006
460	Phenol	Air	kg	8,49E-007	8,05E-007	2,67E-008	1,75E-008	1,26E-010
461	Phenol	Water	kg	1,29E-005	1,05E-005	1,25E-006	1,08E-006	1,05E-007
462	Phenol, 2,4-dichloro-	Air	kg	2,14E-012	1,92E-012	1,43E-013	8,05E-014	1,13E-015
463	Phenol, pentachloro-	Air	kg	2,55E-008	1,73E-008	8,00E-009	2,61E-010	1,52E-011
464	Phosphate	Water	kg	0,01	0,01	0	0	8,65E-006
465	Phosphine	Air	kg	9,26E-013	7,09E-013	1,51E-014	2,01E-013	2,48E-016
466	Phosphorus	Air	kg	5,28E-007	3,98E-007	1,23E-007	6,94E-009	4,46E-010
467	Phosphorus	Water	kg	1,01E-005	9,77E-006	2,16E-007	1,07E-007	6,20E-009
468	Phosphorus	Soil	kg	3,60E-006	2,67E-006	6,72E-007	2,40E-007	2,61E-008
469	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in cruc	Raw	kg	2,63E-005	2,21E-005	2,93E-006	1,24E-006	8,81E-008
470	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in cruc	Raw	kg	3,17E-005	2,38E-005	5,34E-006	2,30E-006	2,00E-007
471	Pirimicarb	Soil	kg	7,50E-010	6,79E-010	5,09E-011	2,04E-011	2,31E-014
472	Platinum	Air	kg	2,10E-012	1,61E-012	4,60E-013	2,72E-014	7,98E-016
473	Plutonium-238	Air	Bq	1,87E-008	1,41E-008	4,32E-009	2,39E-010	7,57E-012
474	Plutonium-alpha	Air	Bq	4,28E-008	3,24E-008	9,91E-009	5,48E-010	1,74E-011
475	Polonium-210	Air	Bq	1,03	0,72	0,29	0,01	0
476	Polonium-210	Water	Bq	0,37	0,27	0,09	0,01	0
477	Polychlorinated biphenyls	Air	kg	4,88E-009	2,74E-009	1,77E-009	3,62E-010	1,32E-011
478	Potassium	Air	kg	3,60E-005	2,64E-005	9,11E-006	4,48E-007	1,72E-008
479	Potassium	Soil	kg	2,34E-005	1,74E-005	4,20E-006	1,66E-006	1,82E-007
480	Potassium-40	Air	Bq	0,12	0,08	0,04	0	7,41E-005
481	Potassium-40	Water	Bq	0,29	0,2	0,09	0	0
482	Potassium, ion	Water	kg	0,03	0,02	0,01	0	1,93E-005
483	Propanal	Air	kg	2,10E-009	1,92E-009	1,31E-010	4,00E-011	1,10E-012
484	Propanal	Water	kg	4,13E-012	3,66E-012	3,18E-013	1,55E-013	7,43E-016
485	Propane	Air	kg	0	0	2,11E-005	1,30E-005	1,05E-006
486	Propanol	Water	kg	1,60E-011	1,44E-011	1,12E-012	4,76E-013	1,06E-015
487	Propene	Air	kg	6,05E-005	5,88E-005	8,83E-007	7,24E-007	4,78E-008
488	Propene	Water	kg	0	0	7,38E-008	2,62E-007	1,68E-009
489	Propionic acid	Air	kg	2,98E-007	2,28E-007	6,57E-008	4,02E-009	3,40E-010
490	Propionic acid	Water	kg	1,10E-011	9,88E-012	7,38E-013	3,52E-013	2,88E-015
491	Propylamine	Air	kg	6,88E-013	6,09E-013	5,30E-014	2,59E-014	1,24E-016
492	Propylamine	Water	kg	1,65E-012	1,46E-012	1,27E-013	6,21E-014	2,97E-016
493	Propylene oxide	Air	kg	2,22E-007	1,18E-007	5,88E-009	9,84E-008	5,54E-011
494	Propylene oxide	Water	kg	5,35E-007	2,84E-007	1,41E-008	2,37E-007	1,33E-010
495	Protactinium-234	Air	Bq	0,02	0,02	0	0	7,54E-006
496	Protactinium-234	Water	Bq	0,39	0,31	0,08	0,01	0
497	Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-4%	Raw	kg	1,22E-010	9,08E-011	2,46E-011	5,92E-012	5,25E-013
498	Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-4%	Raw	kg	4,37E-010	3,25E-010	8,81E-011	2,12E-011	1,88E-012
499	Radioactive species, alpha emitters	Water	Bq	0	0	5,21E-005	2,09E-005	1,71E-006
500	Radioactive species, Nuclides, unspeci	Water	Bq	133,42	100,77	30,88	1,71	0,05
501	Radioactive species, other beta emitter	Air	Bq	1,96	1,15	0,12	0,69	0
502	Radium-224	Water	Bq	5,75	4,47	0,65	0,58	0,05
503	Radium-226	Air	Bq	0,84	0,64	0,19	0,01	0
504	Radium-226	Water	Bq	254,22	197,68	52,13	4,23	0,17
505	Radium-228	Air	Bq	0,08	0,06	0,02	0	6,51E-005
506	Radium-228	Water	Bq	11,51	8,93	1,3	1,16	0,11
507	Radon-220	Air	Bq	5,14	3,48	1,6	0,06	0
508	Radon-222	Air	Bq	2820527,2	2193553,7	588012,45	37964,17	998,85



ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

509	Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-	Raw	kg	5,03E-011	3,71E-011	8,60E-012	4,11E-012	4,93E-013
510	Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-	Raw	kg	1,57E-010	1,16E-010	2,69E-011	1,29E-011	1,54E-012
511	Rhenium, in crude ore, in ground	Raw	kg	7,65E-011	6,04E-011	7,97E-012	7,45E-012	6,92E-013
512	Rubidium	Water	kg	1,15E-006	8,93E-007	1,30E-007	1,16E-007	1,09E-008
513	Ruthenium-103	Air	Bq	2,02E-007	1,84E-007	1,49E-008	3,48E-009	9,66E-012
514	Ruthenium-103	Water	Bq	0	0	1,45E-005	3,38E-006	9,39E-009
515	Sand, unspecified, in ground	Raw	kg	9,77E-005	9,40E-005	3,16E-006	4,78E-007	7,25E-009
516	Scandium	Air	kg	2,59E-007	2,02E-007	5,42E-008	3,52E-009	9,32E-011
517	Scandium	Water	kg	1,08E-005	7,90E-006	2,68E-006	1,92E-007	5,65E-009
518	Selenium	Air	kg	5,08E-007	3,82E-007	1,14E-007	1,23E-008	6,68E-010
519	Selenium	Water	kg	1,50E-005	1,10E-005	3,74E-006	3,09E-007	8,37E-009
520	Shale, in ground	Raw	kg	1,43E-005	1,43E-005	1,34E-008	3,38E-008	1,97E-010
521	Silicon	Air	kg	3,46E-005	2,72E-005	6,60E-006	7,03E-007	2,35E-008
522	Silicon	Water	kg	0,08	0,05	0,02	0	6,37E-005
523	Silicon	Soil	kg	1,57E-005	1,14E-005	3,59E-006	6,03E-007	5,65E-008
524	Silicon tetrafluoride	Air	kg	2,31E-010	1,78E-010	3,42E-011	1,71E-011	1,51E-012
525	Silver	Air	kg	1,15E-008	8,91E-009	2,40E-009	1,53E-010	4,08E-012
526	Silver-110	Air	Bq	2,00E-006	1,82E-006	1,48E-007	3,45E-008	9,58E-011
527	Silver-110	Water	Bq	0,78	0,69	0,08	0,01	8,46E-005
528	Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, P	Raw	kg	8,73E-008	6,68E-008	2,15E-009	1,83E-008	2,39E-011
529	Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, C	Raw	kg	6,23E-008	4,77E-008	1,55E-009	1,31E-008	1,71E-011
530	Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore	Raw	kg	5,75E-009	4,40E-009	1,42E-010	1,21E-009	1,58E-012
531	Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore	Raw	kg	1,31E-008	1,00E-008	3,24E-010	2,76E-009	3,60E-012
532	Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore	Raw	kg	1,29E-008	9,85E-009	3,18E-010	2,70E-009	3,53E-012
533	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.6	Raw	kg	8,49E-009	6,50E-009	2,10E-010	1,78E-009	2,33E-012
534	Silver, ion	Water	kg	5,08E-007	4,00E-007	8,17E-008	2,49E-008	1,03E-009
535	Sodium	Air	kg	9,22E-006	7,08E-006	1,85E-006	2,64E-007	1,86E-008
536	Sodium	Soil	kg	9,98E-005	7,46E-005	1,33E-005	1,09E-005	1,02E-006
537	Sodium-24	Water	Bq	0,01	0,01	0	0	3,37E-007
538	Sodium chlorate	Air	kg	4,16E-009	3,29E-009	6,64E-010	1,97E-010	1,63E-011
539	Sodium chloride, in ground	Raw	kg	0,08	0,08	0	0	1,44E-005
540	Sodium dichromate	Air	kg	1,09E-008	9,84E-009	7,58E-010	2,98E-010	7,65E-012
541	Sodium formate	Air	kg	5,06E-010	4,69E-010	2,63E-011	1,07E-011	1,53E-013
542	Sodium formate	Water	kg	1,22E-009	1,13E-009	6,31E-011	2,58E-011	3,67E-013
543	Sodium hydroxide	Air	kg	1,08E-008	8,24E-009	1,77E-010	2,34E-009	2,89E-012
544	Sodium nitrate, in ground	Raw	kg	6,02E-011	5,80E-011	4,82E-013	1,73E-012	2,46E-015
545	Sodium sulphate, various forms, in gro	Raw	kg	5,55E-005	4,46E-005	6,45E-006	4,03E-006	3,97E-007
546	Sodium, ion	Water	kg	0,08	0,06	0,01	0	0
547	Solids, inorganic	Water	kg	0	0	0	5,84E-005	3,10E-006
548	Solved solids	Water	kg	0	0	0	1,12E-005	1,17E-006
549	Stibnite, in ground	Raw	kg	1,27E-010	7,43E-011	7,88E-012	4,49E-011	1,49E-014
550	Strontium	Air	kg	8,52E-007	6,08E-007	2,31E-007	1,22E-008	5,40E-010
551	Strontium	Water	kg	0	0	0	4,00E-005	2,79E-006
552	Strontium	Soil	kg	4,77E-007	3,61E-007	6,56E-008	4,58E-008	5,15E-009
553	Strontium-89	Water	Bq	0,02	0,02	0	0	1,51E-006
554	Strontium-90	Water	Bq	131,37	89,04	40,91	1,35	0,08
555	Styrene	Air	kg	3,84E-007	3,80E-007	2,92E-009	1,03E-009	2,14E-011
556	Sulfate	Air	kg	9,79E-005	7,51E-005	2,01E-005	2,68E-006	7,58E-008
557	Sulfate	Water	kg	0,33	0,24	0,09	0,01	0
558	Sulfide	Water	kg	3,46E-007	2,56E-007	7,30E-008	1,58E-008	1,31E-009
559	Sulfite	Water	kg	6,09E-006	4,16E-006	1,88E-006	6,74E-008	3,48E-009
560	Sulfur	Water	kg	1,49E-005	1,08E-005	2,35E-006	1,52E-006	2,00E-007
561	Sulfur	Soil	kg	2,98E-005	2,25E-005	4,24E-006	2,75E-006	3,07E-007
562	Sulfur dioxide	Air	kg	0,03	0,03	0	0	8,66E-005
563	Sulfur hexafluoride	Air	kg	5,09E-007	3,98E-007	1,05E-007	6,41E-009	2,83E-010
564	Sulfur trioxide	Air	kg	1,35E-010	1,20E-010	9,36E-012	5,64E-012	8,35E-014
565	Sulfur, in ground	Raw	kg	0	0	3,96E-007	3,79E-007	2,97E-009
566	Sulfuric acid	Air	kg	2,26E-009	1,73E-009	3,94E-011	4,89E-010	6,08E-013
567	Sulfuric acid	Soil	kg	1,39E-012	1,06E-012	2,26E-014	3,02E-013	3,73E-016
568	Suspended solids, unspecified	Water	kg	0	0	0	0	1,59E-005
569	Sylvite, 25 % in sylvinitite, in ground	Raw	kg	2,79E-005	2,43E-005	1,59E-006	2,00E-006	1,38E-008
570	t-Butyl methyl ether	Air	kg	9,19E-008	9,06E-008	6,12E-010	6,13E-010	1,52E-012
571	t-Butyl methyl ether	Water	kg	1,67E-007	1,20E-007	2,75E-008	1,73E-008	2,38E-009
572	t-Butylamine	Air	kg	7,95E-012	7,18E-012	5,58E-013	2,18E-013	2,80E-016
573	t-Butylamine	Water	kg	1,91E-011	1,72E-011	1,34E-012	5,24E-013	6,71E-016
574	Talc, in ground	Raw	kg	4,15E-006	3,71E-006	3,25E-007	1,07E-007	1,39E-009
575	Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% i	Raw	kg	6,84E-008	5,24E-008	1,58E-009	1,45E-008	1,87E-011
576	Tebutam	Soil	kg	2,25E-009	2,03E-009	1,53E-010	6,17E-011	7,81E-014
577	Technetium-99m	Water	Bq	0,02	0,02	0	0	1,03E-006
578	Teflubenzuron	Soil	kg	4,90E-011	4,24E-011	4,21E-012	2,34E-012	1,60E-014
579	Tellurium-123m	Water	Bq	0	0	0	5,62E-005	1,59E-006
580	Tellurium-132	Water	Bq	5,38E-005	4,89E-005	3,97E-006	9,27E-007	2,58E-009
581	Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm	Raw	kg	9,35E-009	7,15E-009	2,32E-010	1,96E-009	2,56E-012
582	Terpenes	Air	kg	3,15E-009	2,67E-009	1,89E-010	2,76E-010	9,27E-012
583	Thallium	Air	kg	3,43E-007	3,42E-007	1,19E-009	1,76E-010	2,55E-012
584	Thallium	Water	kg	7,21E-007	5,47E-007	1,50E-007	2,40E-008	4,13E-010
585	Thiram	Soil	kg	1,43E-011	1,22E-011	8,62E-013	1,26E-012	4,22E-014
586	Thorium	Air	kg	1,51E-009	1,06E-009	3,96E-010	5,36E-011	2,35E-012
587	Thorium-228	Air	Bq	0,03	0,02	0,01	0	1,68E-005
588	Thorium-228	Water	Bq	23,02	17,87	2,61	2,33	0,22
589	Thorium-230	Air	Bq	0,08	0,06	0,02	0	3,06E-005
590	Thorium-230	Water	Bq	53,69	41,76	11,19	0,72	0,02
591	Thorium-232	Air	Bq	0,04	0,03	0,01	0	2,33E-005
592	Thorium-232	Water	Bq	0,05	0,04	0,02	0	3,03E-005
593	Thorium-234	Air	Bq	0,02	0,02	0	0	7,54E-006

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

594	Thorium-234	Water	Bq	0,39	0,31	0,08	0,01	0
595	Tin	Air	kg	4,94E-007	4,36E-007	4,96E-008	8,02E-009	2,21E-010
596	Tin	Soil	kg	3,22E-010	2,87E-010	9,60E-012	2,52E-011	9,78E-014
597	Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore	Raw	kg	1,02E-005	9,05E-006	4,60E-007	7,16E-007	1,55E-009
598	Tin, ion	Water	kg	7,00E-006	5,78E-006	9,96E-007	2,29E-007	2,45E-009
599	TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore	Raw	kg	0	0	0	6,27E-005	8,22E-007
600	TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore	Raw	kg	2,96E-009	1,69E-009	7,48E-011	1,20E-009	3,02E-013
601	Titanium	Air	kg	5,03E-006	3,88E-006	1,06E-006	8,82E-008	2,09E-009
602	Titanium	Soil	kg	1,75E-007	1,24E-007	4,88E-008	1,88E-009	8,92E-011
603	Titanium, ion	Water	kg	0	0	8,83E-005	1,60E-005	1,57E-007
604	TOC, Total Organic Carbon	Water	kg	0,01	0,01	0	0	7,56E-005
605	Toluene	Air	kg	3,12E-005	2,15E-005	7,63E-006	1,97E-006	1,48E-007
606	Toluene	Water	kg	1,43E-005	1,11E-005	1,64E-006	1,45E-006	1,39E-007
607	Toluene, 2-chloro-	Air	kg	6,72E-012	6,00E-012	4,64E-013	2,56E-013	3,12E-015
608	Toluene, 2-chloro-	Water	kg	1,21E-011	1,08E-011	8,38E-013	4,81E-013	6,47E-015
609	Transformation, from arable	Raw	m2	7,02E-006	5,21E-006	1,57E-006	2,41E-007	2,09E-009
610	Transformation, from arable, non-irrigated	Raw	m2	0,01	0,01	0	0	2,55E-007
611	Transformation, from arable, non-irrigated	Raw	m2	1,18E-006	8,39E-007	2,80E-007	6,17E-008	1,75E-010
612	Transformation, from dump site, inert material	Raw	m2	5,03E-005	3,74E-005	9,65E-006	3,24E-006	8,22E-009
613	Transformation, from dump site, residual material	Raw	m2	1,31E-005	9,07E-006	3,48E-006	5,31E-007	2,18E-008
614	Transformation, from dump site, sanitary landfills	Raw	m2	2,39E-007	1,91E-007	4,18E-008	5,58E-009	5,50E-010
615	Transformation, from dump site, slag or ash	Raw	m2	3,00E-007	2,78E-007	9,48E-009	1,30E-008	5,04E-011
616	Transformation, from forest	Raw	m2	0	0	0	0	2,21E-005
617	Transformation, from forest, extensive, clear-cut	Raw	m2	0,05	0,05	0	2,12E-005	5,54E-007
618	Transformation, from forest, intensive, clear-cut	Raw	m2	3,47E-006	2,95E-006	2,09E-007	3,05E-007	1,02E-008
619	Transformation, from industrial area	Raw	m2	1,35E-005	1,06E-005	2,68E-006	2,32E-007	1,23E-008
620	Transformation, from industrial area, built-up	Raw	m2	1,75E-008	1,37E-008	3,51E-009	2,23E-010	1,75E-011
621	Transformation, from industrial area, built-up	Raw	m2	1,09E-008	8,41E-009	1,61E-009	8,10E-010	7,14E-011
622	Transformation, from industrial area, vegetated	Raw	m2	1,86E-008	1,43E-008	2,75E-009	1,38E-009	1,22E-010
623	Transformation, from mineral extraction sites	Raw	m2	0	0	2,76E-005	3,73E-006	5,03E-008
624	Transformation, from pasture and meadows	Raw	m2	0	0	2,98E-005	6,77E-006	7,33E-008
625	Transformation, from pasture and meadows	Raw	m2	5,98E-006	5,41E-006	4,07E-007	1,64E-007	2,08E-010
626	Transformation, from sea and ocean	Raw	m2	0	0	9,71E-005	4,79E-005	6,51E-006
627	Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Raw	m2	0	8,28E-005	1,96E-005	4,32E-006	4,24E-008
628	Transformation, from tropical rain forest	Raw	m2	3,47E-006	2,95E-006	2,09E-007	3,05E-007	1,02E-008
629	Transformation, from unknown	Raw	m2	0	0	0	5,71E-005	8,24E-007
630	Transformation, to arable	Raw	m2	0	0	2,50E-005	1,30E-006	6,63E-008
631	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	m2	0,01	0,01	0	0	2,55E-007
632	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	m2	4,50E-005	4,45E-005	4,33E-007	8,97E-008	4,03E-010
633	Transformation, to dump site	Raw	m2	9,88E-005	8,18E-005	1,55E-005	1,52E-006	5,26E-008
634	Transformation, to dump site, benthos	Raw	m2	0	0	9,71E-005	4,78E-005	6,50E-006
635	Transformation, to dump site, inert material	Raw	m2	5,03E-005	3,74E-005	9,65E-006	3,24E-006	8,22E-009
636	Transformation, to dump site, residual material	Raw	m2	1,31E-005	9,07E-006	3,48E-006	5,31E-007	2,18E-008
637	Transformation, to dump site, sanitary landfills	Raw	m2	2,39E-007	1,91E-007	4,18E-008	5,58E-009	5,50E-010
638	Transformation, to dump site, slag or ash	Raw	m2	3,00E-007	2,78E-007	9,48E-009	1,30E-008	5,04E-011
639	Transformation, to forest	Raw	m2	0	0	2,16E-005	5,65E-006	3,90E-008
640	Transformation, to forest, intensive	Raw	m2	2,93E-005	2,64E-005	1,31E-006	1,65E-006	6,37E-009
641	Transformation, to forest, intensive, clear-cut	Raw	m2	3,47E-006	2,95E-006	2,09E-007	3,05E-007	1,02E-008
642	Transformation, to forest, intensive, non-clear-cut	Raw	m2	0,05	0,05	0	1,91E-005	5,36E-007
643	Transformation, to forest, intensive, sheltered	Raw	m2	3,47E-006	2,95E-006	2,09E-007	3,05E-007	1,02E-008
644	Transformation, to heterogeneous, agricultural	Raw	m2	0	8,36E-005	1,34E-005	9,84E-006	1,03E-006
645	Transformation, to industrial area	Raw	m2	0	0	2,27E-005	2,43E-006	9,51E-008
646	Transformation, to industrial area, built-up	Raw	m2	7,39E-007	6,27E-007	5,42E-008	5,59E-008	2,22E-009
647	Transformation, to industrial area, built-up	Raw	m2	0	0	9,19E-006	2,66E-006	1,04E-007
648	Transformation, to industrial area, vegetated	Raw	m2	0	0	1,00E-005	2,66E-006	5,22E-008
649	Transformation, to mineral extraction sites	Raw	m2	0	0	0	0	2,12E-005
650	Transformation, to pasture and meadows	Raw	m2	3,35E-006	2,70E-006	6,09E-007	4,41E-008	3,46E-009
651	Transformation, to permanent crop, fruit	Raw	m2	1,97E-006	1,68E-006	1,13E-007	1,75E-007	5,79E-009
652	Transformation, to sea and ocean	Raw	m2	1,75E-008	1,37E-008	3,51E-009	2,23E-010	1,75E-011
653	Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Raw	m2	6,40E-005	4,70E-005	1,32E-005	3,79E-006	3,06E-008
654	Transformation, to traffic area, rail embankment	Raw	m2	6,47E-005	1,06E-005	5,41E-005	9,16E-008	2,45E-009
655	Transformation, to traffic area, rail network	Raw	m2	7,12E-005	1,16E-005	5,94E-005	1,01E-007	2,69E-009
656	Transformation, to traffic area, road embankment	Raw	m2	0	0	2,67E-006	2,78E-006	5,83E-009
657	Transformation, to traffic area, road network	Raw	m2	0	0	1,56E-005	1,22E-005	2,78E-007
658	Transformation, to unknown	Raw	m2	0	0	3,28E-006	1,08E-006	1,54E-008
659	Transformation, to urban, discontinuous	Raw	m2	6,09E-008	5,45E-008	4,32E-009	2,00E-009	3,34E-011
660	Transformation, to water bodies, artificial	Raw	m2	0	6,07E-005	3,38E-005	6,11E-006	5,90E-008
661	Transformation, to water courses, artificial	Raw	m2	0	8,48E-005	1,44E-005	2,83E-006	5,88E-008
662	Tributyltin compounds	Water	kg	1,55E-007	1,14E-007	2,73E-008	1,22E-008	1,10E-009
663	Triethylene glycol	Water	kg	3,29E-007	2,59E-007	6,55E-008	4,08E-009	3,20E-010
664	Trimethylamine	Air	kg	7,37E-013	6,66E-013	5,00E-014	2,01E-014	2,36E-017
665	Trimethylamine	Water	kg	1,77E-012	1,60E-012	1,20E-013	4,83E-014	5,65E-017
666	Tungsten	Air	kg	2,92E-008	2,27E-008	6,08E-009	3,93E-010	1,03E-011
667	Tungsten	Water	kg	7,03E-006	5,53E-006	1,19E-006	3,04E-007	2,72E-009
668	Ulexite, in ground	Raw	kg	9,97E-007	6,78E-007	3,02E-007	1,72E-008	5,81E-010
669	Uranium	Air	kg	1,66E-009	1,21E-009	4,05E-010	4,30E-011	2,16E-012
670	Uranium-234	Air	Bq	0,25	0,19	0,05	0	9,04E-005
671	Uranium-234	Water	Bq	0,47	0,37	0,1	0,01	0
672	Uranium-235	Air	Bq	0,01	0,01	0	0	4,25E-006
673	Uranium-235	Water	Bq	0,78	0,61	0,16	0,01	0
674	Uranium-238	Air	Bq	0,34	0,26	0,08	0	0
675	Uranium-238	Water	Bq	1,35	1,04	0,29	0,02	0
676	Uranium alpha	Air	Bq	1,16	0,9	0,24	0,02	0
677	Uranium alpha	Water	Bq	22,67	17,63	4,73	0,31	0,01
678	Uranium, in ground	Raw	kg	8,99E-005	7,06E-005	1,81E-005	1,19E-006	3,07E-008

ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΣΥΧΡΟΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

LCIA - Wood Wool Cement Board 54kg

679	Urea	Water	kg	5,68E-012	5,05E-012	4,29E-013	2,04E-013	8,84E-016
680	Vanadium	Air	kg	9,17E-006	7,18E-006	1,73E-006	2,45E-007	1,93E-008
681	Vanadium	Soil	kg	5,00E-009	3,54E-009	1,40E-009	5,38E-011	2,55E-012
682	Vanadium, ion	Water	kg	4,54E-005	3,07E-005	1,32E-005	1,54E-006	4,81E-008
683	Vermiculite, in ground	Raw	kg	1,99E-006	1,94E-006	3,79E-008	1,02E-008	1,31E-010
684	VOC, volatile organic compounds, unsp	Water	kg	4,12E-005	3,20E-005	4,76E-006	4,09E-006	3,83E-007
685	Volume occupied, final repository for lo	Raw	m3	1,79E-007	1,39E-007	3,73E-008	2,40E-009	6,33E-011
686	Volume occupied, final repository for ra	Raw	m3	4,21E-008	3,23E-008	9,27E-009	5,53E-010	1,60E-011
687	Volume occupied, reservoir	Raw	m3y	0,15	0,12	0,02	0	3,71E-005
688	Volume occupied, underground deposit	Raw	m3	1,42E-007	9,44E-008	3,92E-008	7,71E-009	2,66E-010
689	Water	Air	kg	0	0	7,72E-005	1,16E-005	3,14E-007
690	Water, cooling, unspecified natural orig	Raw	m3	0,24	0,2	0,04	0	0
691	Water, lake	Raw	m3	0	0	3,92E-005	1,06E-005	1,38E-007
692	Water, river	Raw	m3	0,04	0,03	0,01	0	2,64E-005
693	Water, salt, ocean	Raw	m3	0,01	0	0	9,55E-005	7,64E-006
694	Water, salt, sole	Raw	m3	0	0	0	0	1,36E-005
695	Water, turbine use, unspecified natural	Raw	m3	70,47	58,79	10,79	0,87	0,02
696	Water, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	0,07	0,06	0,01	0	5,57E-005
697	Water, well, in ground	Raw	m3	0,01	0,01	0	0	6,42E-006
698	Wood, hard, standing	Raw	m3	4,90E-005	3,83E-005	1,00E-005	6,10E-007	2,26E-008
699	Wood, primary forest, standing	Raw	m3	3,60E-008	3,05E-008	2,16E-009	3,16E-009	1,06E-010
700	Wood, soft, standing	Raw	m3	0,04	0,04	2,65E-005	1,48E-006	4,71E-008
701	Wood, unspecified, standing/m3	Raw	m3	4,30E-008	4,29E-008	3,39E-011	3,96E-011	5,85E-013
702	Xenon-131m	Air	Bq	18,24	16,13	1,8	0,3	0
703	Xenon-133	Air	Bq	653,29	581,19	61,17	10,87	0,06
704	Xenon-133m	Air	Bq	0,96	0,78	0,17	0,01	0
705	Xenon-135	Air	Bq	262,27	233,09	24,79	4,36	0,02
706	Xenon-135m	Air	Bq	163,75	145,92	15,09	2,73	0,01
707	Xenon-137	Air	Bq	4,88	4,42	0,38	0,08	0
708	Xenon-138	Air	Bq	37,02	33,35	3,04	0,63	0
709	Xylene	Air	kg	3,99E-005	2,60E-005	1,23E-005	1,47E-006	1,05E-007
710	Xylene	Water	kg	1,15E-005	8,91E-006	1,33E-006	1,17E-006	1,12E-007
711	Zinc	Air	kg	2,62E-005	2,18E-005	3,39E-006	1,05E-006	3,05E-008
712	Zinc	Soil	kg	8,27E-006	4,62E-006	3,96E-007	3,25E-006	8,41E-009
713	Zinc-65	Air	Bq	3,87E-005	3,51E-005	2,85E-006	6,66E-007	1,85E-009
714	Zinc-65	Water	Bq	0,1	0,09	0,01	0	4,56E-006
715	Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag,	Raw	kg	0	0	0	0	4,46E-007
716	Zinc, ion	Water	kg	0	0	0	4,97E-005	6,05E-007
717	Zirconium	Air	kg	5,18E-009	2,91E-009	1,83E-009	4,25E-010	1,45E-011
718	Zirconium-95	Air	Bq	3,78E-005	3,44E-005	2,79E-006	6,51E-007	1,81E-009
719	Zirconium-95	Water	Bq	0	0	8,15E-005	1,90E-005	5,29E-008
720	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crud	Raw	kg	9,16E-008	7,01E-008	1,55E-009	1,99E-008	2,46E-011