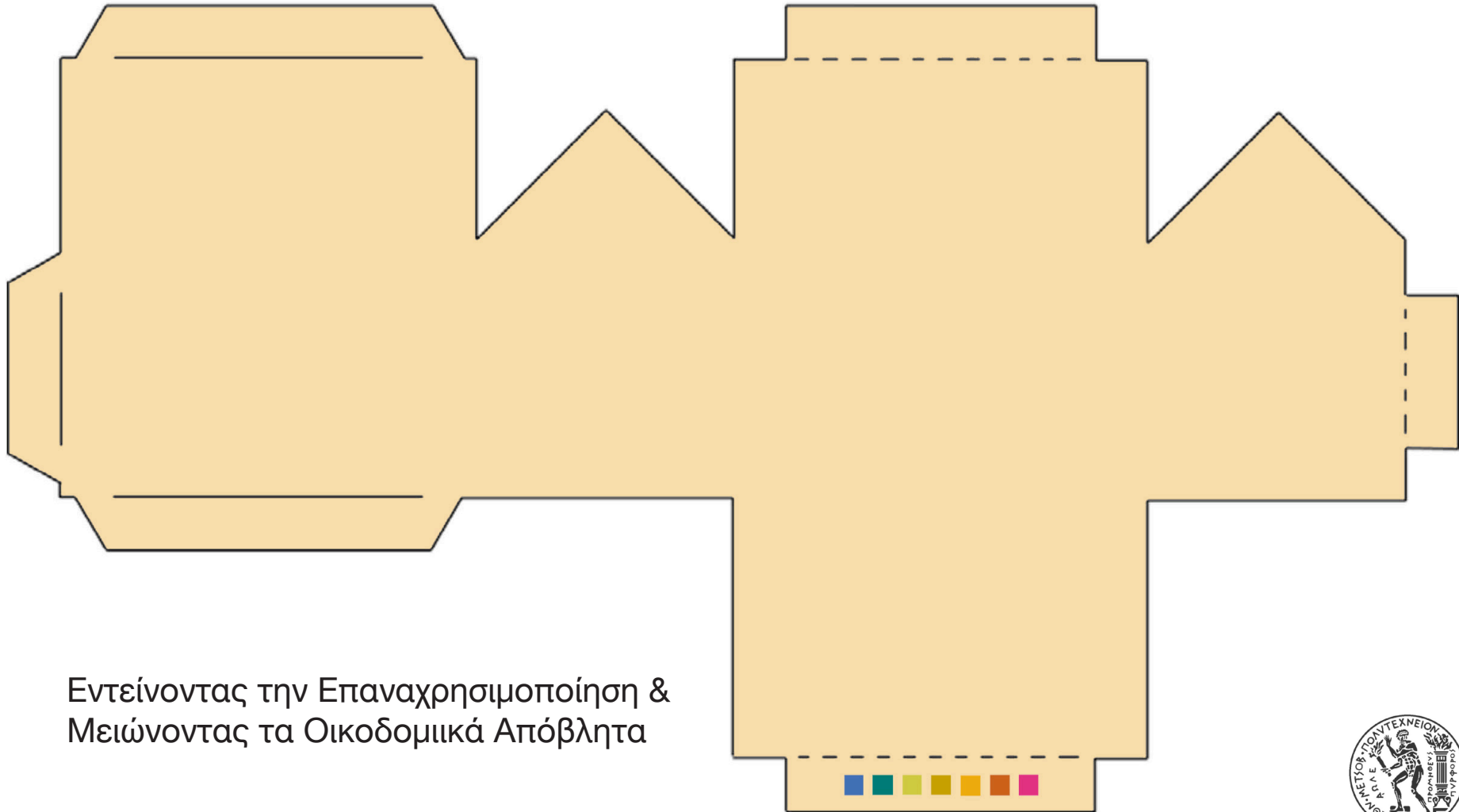


Design for Disassembly | Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση



Εντείνοντας την Επαναχρησιμοποίηση &
Μειώνοντας τα Οικοδομικά Απόβλητα



**DESIGN FOR DISASSEMBLY | ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ
ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ**

Εντείνοντας την Επαναχρησιμοποίηση και Μειώνοντας
τα Οικοδομικά Απόβλητα

Μυρτώ Πέππα

Επιβλέπουσα: Φλώρα Μπουγιατιώτη

Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2021

Κάθε μέρα είναι μια νέα ευκαιρία για να μάθεις κάτι καινούργιο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου, Φλώρα Μπουγιατιώτη, για την ανεκτίμητη καθοδήγησή της και τα αγαπημένα μου πρόσωπα που με στηρίζουν καθημερινά.

Περιεχόμενα

Περίληψη

Abstract

Εισαγωγή

α) Αντικείμενο και στόχοι εργασίας

β) Μεθοδολογία προσέγγισης

γ) Διάρθρωση κεφαλαίων

Κεφάλαιο 01 _ Απόβλητα & Οικοδομική δραστηριότητα

1.1. Περιβαλλοντικό πρόβλημα

1.2. Κλιματική αλλαγή

1.3. Παραγωγή αποβλήτων

1.3.1. Κατηγορίες αποβλήτων

1.4. Απόβλητα και κύκλος ζωής των υλικών

1.4.1. Κύκλος ζωής του κτιρίου

1.4.2. Απόβλητα στα στάδια του κύκλου ζωής των υλικών

1.5. Επιπτώσεις οικοδομικής δραστηριότητας

1.5.1. Πρώτες ύλες και απόβλητα

1.5.2. Ελλιπής σχεδιασμός

1.5.3. Επιλογή μη οικολογικών υλικών

1.6. Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 02 _ Κυκλικό μοτίβο

2.1. Αειφόρος Ανάπτυξη

2.2. Γραμμικό μοντέλο παραγωγής “Cradle to Grave”

2.3. Κυκλική οικονομία έναντι γραμμικής

2.3.1. Ο “βρόχος” των υλικών

2.3.2. Ellen MacArthur Foundation

2.4. Cradle to Cradle

2.5. Ανάλυση των 7R

2.6. Κύκλος ζωής του κτιρίου

2.6.1. Κυκλικό κτίριο

2.6.2. Δομολογία

2.7. Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 03 _ Επανασυναρμολόγηση

3.1. Κατεδάφιση κτιρίου

3.2. Ανάλυση του όρου “Θετικός Σχεδιασμός”

3.3. Ανάλυση του όρου “Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση”

3.4. Ιεράρχηση αρχών σχεδιασμού

3.5. Κατεδάφιση VS Αποδόμηση

3.6. Συσχετισμός με το παιχνίδι LEGO

3.7. Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 04 _ Στρατηγικές Αποσυναρμολόγησης

4.1. Ευπροσάρμοστα κτίρια

4.2. Αρχές ευπροσάρμοστου κτιρίου

4.3. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα κτίριο

4.4. Κανόνες που διέπουν την αποσυναρμολόγηση

4.5. Συμπεράσματα

23

25

27

27

30

33

35

38

40

42

44

46

47

48

48

52

54

56

57

59

60

62

65

67

Κεφάλαιο 05 _ Υλικά

| | |
|--|----|
| 5.1. Οικοδομικά απόβλητα | 69 |
| 5.2. Ανακύκλωση | 70 |
| 5.2.1. Είδη ανακύκλωσης | 71 |
| 5.2.2. Πρωτογενής ανακύκλωση | 72 |
| 5.2.3. Δευτερογενής ανακύκλωση | 73 |
| 5.3. Επαναχρησιμοποίηση υλικών κτιρίου | 73 |
| 5.4. Επανάταξη υλικών στη φύση | 75 |
| 5.4.1. Βιοδιάσπαση | 75 |
| 5.5. Κριτήρια επιλογής υλικών | 79 |
| 5.5.1. Ποιότητες υλικών για βελτίωση του DfD | 79 |
| 5.5.2. Ελαχιστοποίηση των απωλειών και της σπατάλη υλικών στο χώρο | 81 |
| 5.5.3. Χρήση υλικών με τρόπο που εξασφαλίζουν την ανθεκτικότητά τους | 81 |
| 5.6. Ενδεικτικά παραδείγματα υλικών ή/και στοιχείων | 82 |
| 5.7. Συμπεράσματα | 87 |

Κεφάλαιο 06 _ Παραδείγματα

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 6.1. Κριτήρια επιλογής παραδειγμάτων | 91 |
| 6.2. R128 House | 92 |
| 6.3. Nasa's Sustainability Base | 97 |
| 6.4. Nest We Grow | 104 |
| 6.5. The Circular Economy Building | 110 |
| 6.6. House 02 - Counter City | 114 |
| 6.7. The Urban Village project | 117 |
| 6.8. Circular Garden Pavilion | 123 |
| 6.9. Συμπεράσματα | 125 |

Κεφάλαιο 07 _ Συμπεράσματα

| | |
|---|-----|
| 7.1. Πλεονεκτήματα | 128 |
| 7.1.1. Αναγκαιότητα αποσυναρμολόγησης | 128 |
| 7.1.2. Αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησης | 129 |
| 7.2. Μεινεκτήματα | 129 |
| 7.3. Δυνατότητες | 130 |
| 7.3.1. Η συμβολή του καθενός | 130 |
| 7.3.2. Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού | 131 |
| 7.3.3. Νομοθεσία / Κανονισμοί / Πρότυπα | 132 |
| 7.4. Απειλές | 133 |
| 7.4.1. Παράγοντες που δυσκολεύουν την επίτευξη των στόχων | 133 |
| 7.4.2. Κριτήρια επιλογής υλικών | 134 |

Βιβλιογραφία

| | |
|--------------------------|-----|
| α) Ελληνική βιβλιογραφία | 136 |
| β) Ξένη βιβλιογραφία | 137 |
| γ) Ιστοσελίδες | 140 |
| δ) Πηγές εικόνων | 143 |
| ε) Πίνακες | 145 |

Περίληψη

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια το περιβάλλον έχει επιβαρυνθεί σε δραματικό επίπεδο από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η συνεχής παραγωγή χωρίς όρια έχει ως αποτέλεσμα την εξάντληση των φυσικών πόρων και την ανεξέλεγκτη παραγωγή απορριμμάτων. Είναι αναγκαία η αναθεώρηση του γραμμικού μοντέλου παραγωγής, το οποίο καθορίζει την μέχρι σήμερα τον σχεδιασμό και γενικότερα τον τρόπο ζωής. Λύση στο πρόβλημα φαίνεται να αποτελεί το κυκλικό μοντέλο σχεδιασμού, το οποίο προϋπήρχε στην αρχιτεκτονική του παρελθόντος, αλλά χρήζει επαναπροσδιορισμού με βάση τα τωρινά δεδομένα. Πλέον, ο κατασκευαστικός τομέας πρέπει να αναθεωρήσει τους τρόπους σχεδίασης. Έτσι, έρχεται στο προσκήνιο η σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση, που αποτελεί και το αντικείμενο της εργασίας και στοχεύει στη σχεδίαση και την κατασκευή κτιρίων, τα οποία μετά το πέρας της χρηστικής τους ζωής, θα μπορούν να αποσυναρμολογούνται χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον με περιττά απόβλητα. Έτσι, ακολουθώντας τους κανόνες που διέπουν την αποσυναρμολόγηση και χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα υλικά, μπορεί να αποκατασταθεί ξανά η συνύπαρξη κτιρίων και περιβάλλοντος. Με άξονα το κυκλικό μοντέλο σχεδιασμού και παραγωγής, προκύπτει η αναγκαιότητα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων της οικοδομικής δραστηριότητας. Φαίνεται λοιπόν, η μελλοντική αρχιτεκτονική να υιοθετεί έναν πιο “κυκλικό” τρόπο σκέψης, ικανό να επαναφέρει την ισορροπία μεταξύ κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος. Είναι μείζον θέμα το οποίο θα πρέπει να αφορά όλους μας, καθώς χωρίς την προστασία του περιβάλλοντος το ανθρώπινο είδος δεν μπορεί να επιβιώσει.

Abstract

It's a fact that nowadays the environment has been dramatically burdened by human activity. The continuous, without limits production results in natural resources depletion and excess waste production. It is necessary to revise the linear production model, which determines the current situation, design and lifestyle in general. A possible solution to the problem is the circular design model, which has pre-existed in architecture of the past but needs to be redefined based on current data. The construction industry has to reconsider its design methods. Thus, the design for disassembly, which is the main topic of this dissertation, comes to the fore. Its basic principle is the design and construction of units, which, after the end of their useful life, will be able to be disassembled without burdening the environment with unnecessary waste. Thus, following the principles governing disassembly and using the appropriate materials, buildings and the environment can coexist again. The cyclical model of design and production requires the recycling and reuse of construction activity waste. It seems, that in the future, architecture will adopt a more "circular" way of thinking, capable of restoring the balance between society, economy and environment. It is a major issue that should concern all of us, as without the protection of the environment the human species cannot survive.

Εισαγωγή

α. Αντικείμενο και στόχος εργασίας

Βασικό αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η συναρμολόγηση με βάση την αποσυναρμολόγηση και πώς μπορούν να μειωθούν τα οικοδομικά απόβλητα μέσω της επαναχρησιμοποίησης. Αυτό προκύπτει λόγω της οικολογικής κρίσης που βιώνει ο πλανήτης μας, η οποία είναι αποτέλεσμα του γραμμικού μοντέλου παραγωγής το οποίο δεν το ενδιαφέρει ένα υλικό μετά το πέρας της πρώτης του χρηστικής ζωής. Έτσι, τονίζεται η ανάγκη του κυκλικού μοντέλου, το οποίο έχει ως βασικές αρχές του την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση ενός υλικού με τις ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. (Ταυτόχρονα, λόγω κλιματικής αλλαγής, μείωσης εκπομπών CO₂, ανάγκης για μείωση ενεργειακής κατανάλωσης, νομοθεσίας, διεθνών συμφωνιών, κ.λπ., υπάρχει και ανάγκη για βιοκλιματικό / ενεργειακό σχεδιασμό.)

β. Μεθοδολογία προσέγγισης

Στην ακόλουθη ερευνητική εργασία, σε πρώτο στάδιο διατυπώνονται οι προβληματισμοί που οδήγησαν στην επιλογή του θέματος. Συγκεντρώθηκαν πληροφορίες που αφορούν τα κρίσιμα περιβαλλοντικά ζητήματα της εποχής. Αναζητήθηκε η σχέση ανάμεσα στην κατασκευή και στον περιβαλλοντικό της αντίκτυπο. Επισημαίνεται η ευθύνη της οικοδομικής δραστηριότητας ως αποτέλεσμα του γραμμικού τρόπου παραγωγής. Τονίζεται η σημασία της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υλικών και αναφέρονται κάποια από αυτά, τα οποία έχουν χαρακτηριστεί κατάλληλα

για τη διαδικασία αυτή. Έπειτα, γίνονται αναφορές στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού μιας οικιστικής μονάδας. Στη συνέχεια, παρατίθενται παραδείγματα τα οποία έχουν υιοθετήσει τη νοοτροπία της “συναρμολόγησης με βάση την αποσυναρμολόγηση” (Design for Disassembly). Τέλος, η εργασία καταλήγει σε συμπεράσματα που αφορούν την αναγκαιότητα της επίλυσης του προαναφερθέντος ζητήματος στο ρόλο του σύγχρονου αρχιτέκτονα αλλά και του ίδιου του πολίτη. Για την καταγραφή όλων αυτών των στοιχείων, έχουν συνδυαστεί πληροφορίες από ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία και αρθρογραφία, καθώς και από άλλες ερευνητικές εργασίες.

γ. Διάρθρωση κεφαλαίων

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια. Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το περιβαλλοντικό πρόβλημα της αυξανόμενης παραγωγής αποβλήτων τα οποία χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης και το περιβαλλοντικό στίγμα της οικοδομικής δραστηριότητας. Στο 2^ο κεφάλαιο αναλύονται στοιχεία της κυκλικής οικονομίας έναντι της γραμμικής. Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύεται η έννοια του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση (Design for Disassembly) και του “Built Positive”. Στο 4^ο κεφάλαιο σχολιάζονται τα κτίρια με αυξημένη προσαρμοστική ικανότητα και οι κανόνες που διέπουν την αποσυναρμολόγηση. Στο 5^ο κεφάλαιο αναλύονται τα είδη της ανακύκλωσης και τα υλικά τα οποία φέρουν τη δυνατότητα της εύκολης ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησής τους. Στη συνέχεια, παρατίθενται παραδείγματα σπιτιών κατασκευών που έχουν βασιστεί στην έννοια του “Design for Disassembly”. Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο συγκεντρώνονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

Κεφάλαιο

01

*“Αυτόν τον πλανήτη δεν τον κληρονομήσαμε
από τους γονείς μας, στον δανειστήκαμε
από τα παιδιά μας”
Ινδιάνικη ρήση για τη φύση*

Απόβλητα & Οικοδομική
δραστηριότητα

1.1. Περιβαλλοντικό πρόβλημα

Η περιβαλλοντική κρίση, η οποία ταλανίζει τη σύγχρονη εποχή, φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Εμφανίστηκε κυρίως μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση και την αστικοποίηση, λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και της οικονομικής μεγέθυνσης. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει υποβαθμίσει τη ζωή πάνω στον πλανήτη, τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά (Κορσάβας, 2020, σελ.24), με σκοπό να υλοποιεί στόχους αποδεκτούς από την κοινωνία. Τα οικολογικά προβλήματα απειλούν την επιβίωση του βιοτικού επιπέδου, οδηγώντας έτσι σε μία γενικότερη οικολογική κρίση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια αρμονική συνύπαρξη ανθρώπου και περιβάλλοντος. Στα περιβαλλοντικά προβλήματα συγκαταλέγονται η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κλιματική αλλαγή, η τρύπα του όζοντος, η αποδάσωση, η ερημοποίηση, η εξαφάνιση βιολογικών ειδών, η όξινη βροχή, τα **απόβλητα**, κ.λπ. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2018). Από αυτά, στη συνέχεια της εργασίας θα γίνει αναφορά μόνο σε εκείνα που σχετίζονται άμεσα με το θέμα της και τη μεθοδολογία προσέγγισης.

“Κοινή διαπίστωση των τελευταίων δεκαετιών, αποτελεί το γεγονός, ότι κατά κανόνα, ο ανθρώπινος παράγων τείνει να “υπερεκτιμά” την αξία του περιβάλλοντος που ο ίδιος δημιούργησε και δημιουργεί για να καλύψει τις ανάγκες του και να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσής του (δηλ. του δομημένου περιβάλλοντος), ενώ παράλληλα “υποτιμά” το περιβάλλον εκείνο, που όχι μόνο προϋπήρχε ανέκαθεν, αλλά και που παρέχεται χωρίς να ζητείται η συμβολή του (δηλ. του φυσικού περιβάλλοντος). (Αραβαντινός, 2007, σελ.578)



Εικ 1.1: Απεικόνιση των αμέτρητων αποβλήτων

1.2. Κλιματική αλλαγή

Ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, ίσως και το πιο σημαντικό, είναι η κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με το συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών για την Αλλαγή του Κλίματος (UNFCCC) ορίζει την κλιματική αλλαγή ως “μια αλλαγή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα που μεταβάλλει τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και η οποία προστίθεται στη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος που παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους” (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change).

Η κλιματική αλλαγή είναι μια μακροπρόθεσμη μεταβολή της θερμοκρασίας και των τυπικών καιρικών προτύπων ενός τόπου. Μπορεί να αναφερθεί για μία συγκεκριμένη περιοχή ή για το σύνολο του πλανήτη. Μπορεί να προκαλέσει καιρικά φαινόμενα τα οποία δεν είναι προβλέψιμα. Αυτά τα απροσδόκητα καιρικά φαινόμενα μπορεί να δυσκολέψουν την καλλιέργεια σε περιοχές όπου βασίζονται στη γεωργία λόγω της αλλαγής των αναμενόμενων επιπέδων θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Επίσης, η κλιματική αλλαγή μπορεί να συνδέεται με άλλα καταστροφικά καιρικά φαινόμενα

όπως συχνότεροι και πιο έντονοι τυφώνες, πλημμύρες, νεροποντές και χειμερινές καταιγίδες (Climate Change, National Geographic, 2019).

Η αιτία της τωρινής κλιματικής αλλαγής είναι η εκτενής ανθρώπινη δραστηριότητα, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Η καύση αυτών των υλικών απελευθερώνει αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης. Εκεί, αυτά τα αέρια παγιδεύουν θερμότητα από τις ακτίνες του ηλίου μέσα στην ατμόσφαιρα προκαλώντας την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Αυτή η άνοδος της θερμοκρασίας ονομάζεται υπερθέρμανση του πλανήτη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη επηρεάζει τόσο τοπικά όσο και περιφερειακά. Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας της γης, το κλίμα συνεχώς άλλαζε. Όταν συμβαίνει με φυσικό τρόπο, είναι μία αργή-σταθερή διαδικασία η οποία έχει πραγματοποιηθεί εδώ και εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Η κλιματική αλλαγή που συμβαίνει τώρα επηρεασμένη από τον άνθρωπο, πραγματοποιείται με έναν πολύ πιο γρήγορο ρυθμό (Climate Change, National Geographic, 2019).



Εικ 1.2: Απεικόνιση κλιματικής αλλαγής

1.3. Παραγωγή αποβλήτων

Ζούμε σε έναν κόσμο συνεχούς και μαζικής ροής, όχι μόνο ανθρώπων, αλλά και μηχανών, αντικειμένων, υλικών, ενέργειας, χρημάτων, πληροφορίας (Αραβαντινός, 2007, σελ.577). Τα τελευταία χρόνια, λόγω της εκτεταμένης

αστικοποίησης τα απόβλητα έχουν αυξηθεί σημαντικά.

Απόβλητα ή απορρίμματα περιγράφονται τα ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης, στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία στερούνται άμεσης αξίας και είναι ανεπιθύμητα για τον κάτοχό τους, ο οποίος επιθυμεί να τα απορρίψει. (Ανδρεαδάκης, Πανταζίδου, Σταθόπουλος, 2008). Αυτά τα απόβλητα μπορεί να είναι οικιακής, οικοδομικής ή βιομηχανικής προέλευσης.

1.3.1. Κατηγορίες αποβλήτων

Τα απόβλητα, ανάλογα με τη φυσική τους κατάσταση διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες αποβλήτων -αέρια, υγρά και στερεά- και περιγράφονται αναλυτικά ως εξής (Σύγχρονη Αναλυτική, χ.ε.):

- Τα **αέρια** απόβλητα (ή αερολύματα) περιλαμβάνουν κυρίως τα αστικά αερολύματα και τα αέρια απόβλητα από την μεταποίηση, συνήθως είναι αιωρούμενα σωματίδια πολύ μικρής κοκκομετρίας και χαμηλού βάρους, που μπορούν να μεταφερθούν μέσω του αέρα, αλλά και εκνεφώματα υγρών (οργανικών διαλυτών, οξέων και άλλων ουσιών), τα οποία παρουσιάζουν υψηλή τάση εξάτμισης.

- Τα **υγρά** απόβλητα περιλαμβάνουν τα στερεά υπολείμματα, τα οποία είναι διαλυμένα σε ένα ρευστό μέσο (νερό ή κάποιο οργανικό διαλύτη) και αποτελούν σήμερα μια από τις κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Κύριες πηγές προέλευσης των υγρών αποβλήτων είναι τα οικιακά, τα αστικά και τα βιομηχανικά απόβλητα. Γενικά, οι κύριοι ρύποι των υγρών αποβλήτων είναι τα οργανικά βιοαποικοδομήσιμα υλικά, τα οργανικά μη βιοαποικοδομήσιμα υλικά, θρεπτικά υλικά, τοξικές ουσίες, βαρέα μέταλλα, άλλα ανόργανα υλικά (π.χ. χλωριούχο νάτριο) και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Συγκεκριμένα, τα σημαντικότερα συστατικά των αστικών και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων είναι τα αιωρούμενα στερεά, το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD5), το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο COD και το άζωτο (N).
- Τα απόβλητα που βρίσκονται σε στερεή κατάσταση αποτελούν τα **στερεά** απόβλητα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αστικά απορρίμματα, τα βιομηχανικά απορρίμματα (π.χ. τα υλικά συσκευασίας, άδεια βαρέλια, χαρτοκιβώτια, πλαστικά περιτυλίγματα, παλέτες, κ.λπ.), τα απόβλητα οικοδομικών

κατεδαφίσεων, τα πετρελαιοειδή, τα απόβλητα κτηνοτροφικών και γεωργικών εκμεταλλεύσεων, τα απόβλητα των ορυχείων και των μεταλλείων, τα απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα), η ιλύς από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και τη βιομηχανία, τα νοσοκομειακά απορρίμματα, τα ελαστικά και τα σκραπ κ.ά.

Με τη σειρά τους, τα στερεά απόβλητα, που αποτελούν ένα από τα κύρια αντικείμενα αυτής της εργασίας, με βάση την προέλευσή τους χωρίζονται σε (Χαραλάμπους, 2018), (Μπασιαδάκη & Παπαγεωργίου, 2020, σελ.37):

- **Αστικά απόβλητα ή απορρίμματα:** Εκείνα τα οποία παράγονται από τα νοικοκυριά (οικιακά στερεά απόβλητα), τις εμπορικές δραστηριότητες, τις μονάδες επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, ογκώδη αντικείμενα, τον καθαρισμό των δρόμων και άλλων κοινόχρηστων χώρων, απόβλητα από κατεδαφίσεις και κατασκευές, καθώς και άλλα στερεά απόβλητα, τα οποία λόγω της φύσης τους ή της σύνθεσής τους μπορούν να εξομοιωθούν με τα οικιακά απόβλητα.

- **Ειδικά - Μη επικίνδυνα απόβλητα:** Μη επικίνδυνα απόβλητα, άχρηστα υλικά από τις παραγωγικές διεργασίες (βιομηχανία), από μεταλλευτική δραστηριότητα (π.χ. τέφρες και ΣΚΡΑΠ), από τη γεωργία και διάφορες άλλες αγροτικές χρήσεις (π.χ. θερμοκήπια), από την κτηνοτροφία (κτηνοτροφικές μονάδες), αλλά και από κήπους.
- **Ειδικά - Επικίνδυνα απόβλητα:** Τα τοξικά απόβλητα που είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά, και περιλαμβάνουν εύφλεκτα, ραδιενεργά, χημικά (διαβρωτικά ή τοξικά όπως PCB¹, οξέα κ.ά.), καθώς και βιολογικά ή Ιατρικά (από νοσοκομεία και ερευνητικά εργαστήρια).

Σε αντίθεση με τα φυσικά οικοσυστήματα, όπου δεν υπάρχουν άχρηστα υλικά, διότι τα πάντα ανακυκλώνονται, οι πόλεις παράγουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων. Ειδικότερα τα στερεά απόβλητα ή απορρίμματα αποτελούν σημαντικό υποπροϊόν των αστικών δραστηριοτήτων και συχνά δημιουργούν σοβαρή περιβαλλοντική υποβάθμιση. Σύμφωνα με τις

1. PCB: Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια είναι μία κατηγορία σύνθετων οργανικών χημικών ουσιών. [πηγή: http://www.esdy.edu.gr/files/005_Epaggelmatikis_Ygieinis/POLIXLORIOMENA_DIFAINYLIA.pdf]



Εικ 1.3: Κατηγοριοποίηση στερεών αποβλήτων

τάσεις που επικρατούν πλέον στις αναπτυγμένες χώρες, απαιτείται για τα αστικά απόβλητα ολοκληρωμένη διαχείριση, η οποία περιλαμβάνει μείωση της παραγωγής τους, καθώς και επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση ή αξιοποίησή τους, ώστε να ελαχιστοποιείται η ποσότητα που προορίζεται για τελική διάθεση (Αραβαντινός, 2007, σελ.534).

Η παραγωγή των αποβλήτων δεν αποτελεί από μόνη της ένα πρόβλημα. Ωστόσο, η διαχείρισή τους μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά επικερδής, τόσο ως προς τη μείωση των αποβλήτων, όσο και ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ακόμα και ως προς την αμφιλεγόμενη πρακτική της ανάκτησης ενέργειας μέσω της καύσης/αποτέφρωσης. Η διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί ένα θέμα μείζονος σημασίας, καθώς έχει άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Τα απόβλητα σχετίζονται άμεσα με συνήθειες και συμπεριφορές: καλό θα ήταν, ο καθένας ξεχωριστά, να αλλάξει τις καταναλωτικές του συνήθειες και να συνειδητοποιήσει ότι για να μπορέσουν να διαχειριστούν τα απόβλητα θα πρέπει κυρίως να μειωθεί η παραγωγή τους. Έτσι, η αξιολόγηση, η ανακύκλωση, η επανάχρηση και γενικότερα η πλήρης αξιοποίησή τους θα βοηθήσουν αρκετά στη μείωση του προβλήματος.

Για την επεξεργασία των αποβλήτων, η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος είναι αυτή που ξεκινά από τον

διαχωρισμό στην πηγή ανά κατηγορία και η χρήση των κάδων ανακύκλωσης και κομποστοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνονται οι ποσότητες των απορριμμάτων που θα επεξεργαστούν και μειώνονται οι ποσότητες αυτών που θα διατεθούν για ταφή. Η συνολική διαχείριση των αστικών στερεών απορριμμάτων καλείται να αντιμετωπίσει με τον πλέον βιώσιμο τρόπο την παραγωγή τους, την προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή και μεταφορά, τη μεταφόρτωση, την επεξεργασία, την αξιοποίηση, την επαναχρησιμοποίηση και την τελική διάθεση (Οικονόμου, Μητούλα, 2010, σελ.232).

1.4. Απόβλητα και Κύκλος Ζωής των υλικών

Για να γίνει αντιληπτή η ποσότητα των φυσικών πόρων που καταναλώνει ένα οικοδομικό έργο στο σύνολό του, καθώς και τα απόβλητα που προκαλεί, είναι σκόπιμο να έχει υπ' όψιν κανείς τις επιμέρους φάσεις ζωής του.

1.4.1 Κύκλος ζωής του κτιρίου

Η διαδικασία, με βάση την οποία πραγματοποιείται η ανάλυση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ονομάζεται **LCA-Life Cycle assessment**. Είναι μια μέθοδος

αξιολόγησης του οικολογικού αντίκτυπου που αυτό δημιουργεί σε μια ή περισσότερες φάσεις της ζωής του. Κάθε ένα από αυτά τα στάδια χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο δραστηριοτήτων που σχετίζονται, είτε με κατανάλωση πόρων, είτε με παραγωγή απορριμμάτων και είναι τα εξής (Bayer, et al., 2010):

1^ο στάδιο: παραγωγή οικοδομικών υλικών

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την απομάκρυνση των πρώτων υλών από τη γη, τη μεταφορά αυτών των υλικών στη θέση παραγωγής, την παραγωγή οικοδομικών υλικών και προϊόντων μέσω της επεξεργασίας τους, την τυποποίηση, αποθήκευση και εμπόριο τους.

2^ο στάδιο: κατασκευή κτιρίου

Αυτή η φάση περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την κατασκευή ενός κτιρίου. Αυτές είναι η μεταφορά υλικών στο εργοτάξιο, η χρήση εργαλείων και εξοπλισμού κατά την κατασκευή του κτιρίου, η επιτόπια κατασκευή και η παροχή της ενέργειας που απαιτείται για την ανέγερση. Υλικά που χάθηκαν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς ή υλικά που απορρίφθηκαν και δε χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του κτιρίου λαμβάνονται υπ' όψιν στην ανάλυση του κύκλου ζωής.

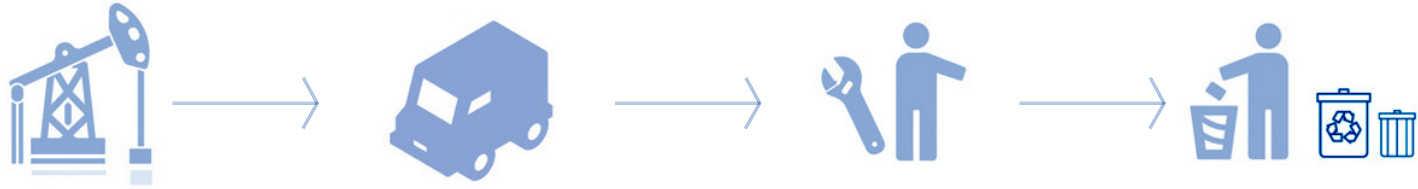
3^ο στάδιο: χρήση κτιρίου

Αυτό το στάδιο αφορά στη λειτουργία του κτιρίου, η οποία περιλαμβάνει την κατανάλωση ενέργειας, τη χρήση νερού και την παραγωγή περιβαλλοντικών αποβλήτων. Λαμβάνεται, επίσης, υπ' όψιν η συντήρησή του, δηλαδή η επισκευή και η αντικατάσταση στοιχείων και υπηρεσιών που ενδεχομένως χρειαστούν. Η μεταφορά και η χρήση του εξοπλισμού για τη συντήρηση αξιολογείται, επίσης, και σε αυτό το στάδιο.

4^ο στάδιο: τέλος ζωής κτιρίου

Το τέλος ζωής του κτιρίου συνεπάγεται την κατεδάφισή του, ή την επανάχρησή του και κατ' επέκταση την κατανάλωση ενέργειας και τα περιβαλλοντικά απόβλητα που παράγονται σε κάθε περίπτωση. Η μεταφορά των αποβλήτων λαμβάνεται επίσης υπ' όψιν.

Ίσως ο κυριότερος λόγος για τον οποίο η οικοδομική δραστηριότητα έχει τόσο μεγάλο αντίκτυπο στο περιβάλλον είναι το γραμμικό μοντέλο παραγωγής. Αυτό σημαίνει ότι, ακολουθείται το μοντέλο της “παραγωγής - κατανάλωσης - απόρριψης”. Άρα, τα υλικά, με την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου ζωής τους απορρίπτονται χωρίς να υπάρχει ελπίδα/δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους.



| <u>1^ο στάδιο</u> | <u>2^ο στάδιο</u> | <u>3^ο στάδιο</u> | <u>4^ο στάδιο</u> |
|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> _εξόρυξη υλικών _μεταφορά στη θέση παραγωγής _παραγωγή και επεξεργασία οικοδομικών υλικών _αποθήκευση και εμπόριο | <ul style="list-style-type: none"> _μεταφορά υλικών στο εργοτάξιο _χρήση εργαλείων και εξοπλισμού _επιτόπια κατασκευή και ενέργεια _απόρριψη μη χρησιμοποιημένων υλικών | <ul style="list-style-type: none"> _κατανάλωση ενέργειας _χρήση νερού _παραγωγή περιβαλλοντικών αποβλήτων _επισκευή και αντικατάσταση | <ul style="list-style-type: none"> _κατεδάφιση κτιρίου _επανάχρηση κτιρίου _περιβαλλοντικά απόβλητα |

Διάγραμμα 1.1: Κύκλος ζωής του κτιρίου

1.4.2. Απόβλητα στα στάδια του κύκλου ζωής των υλικών

Κάθε μέρος του κύκλου ζωής ενός προϊόντος - η εξαγωγή των πρώτων υλών, η παραγωγή υλικών ή προϊόντων, η χρήση και η απόρριψη - μπορεί να έχει αντίκτυπο στο περιβάλλον με πολλούς τρόπους (LCA basics: life cycle assessment explained, 2020).

Το τέλος του πρώτου μέρους του κύκλου ζωής (εξαγωγή και παραγωγή) ενός οικοδομικού υλικού ή στοιχείου (component) συνεπάγεται την παραγωγή αποβλήτων. Στο στάδιο της κατασκευής υπάρχουν μεμονωμένα οικοδομικά απορρίμματα. Στο στάδιο της χρήσης δημιουργούνται τα οικιακά απόβλητα. Τέλος, στο τέλος του κύκλου ζωής προκαλούνται πολλά απορρίμματα λόγω της κατεδάφισης.

Όσο αυξάνεται η κατανάλωση των αναλώσιμων αγαθών, τόσο αυξάνεται αντιστοίχως και η παραγωγή αποβλήτων. Η γραμμική πορεία είναι αυτή όπου ξεκινά με την παραγωγή, συνεχίζει με την κατανάλωση και ολοκληρώνεται με την απόρριψη. Είναι μία λάθος τακτική αξιοποίησης των φυσικών πόρων, καθώς δεν επιτρέπει την επανένταξη των υλικών στη γραμμή παραγωγής μετά τη χρήση τους, με αποτέλεσμα να τα καθιστά επιβλαβή για το περιβάλλον. Η αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων σχετίζεται άμεσα με την τάση εξάντλησης των φυσικών πόρων.

1.5. Επιπτώσεις οικοδομικής δραστηριότητας

1.5.1. Πρώτες ύλες και απόβλητα

Όπως έχει ειπωθεί και προηγουμένως, θα πρέπει να αλλάξουν οι καταναλωτικές συνήθειες του κάθε ανθρώπου. Θα πρέπει να αναθεωρήσει κανείς όχι μόνο τον τρόπο ζωής του, αλλά και, οι αρχιτέκτονες και σχεδιαστές, τον τρόπο που σχεδιάζουν και κατασκευάζουν.

Η οικοδομική βιομηχανία είναι, μετά την παραγωγή τροφίμων, ο μεγαλύτερος καταναλωτής πρώτων υλών στον κόσμο σήμερα. Ένας ευρέως αποδεκτός στόχος

για ένα βιώσιμο μέλλον είναι η δραστική μείωση της χρήσης πρώτων υλών. Η ανακύκλωση των υλικών μετά την κατεδάφιση μιας κτιριακής μονάδας πρέπει να γίνει κανόνας. Οι διαδικασίες ανακύκλωσης θα πρέπει επίσης να διασφαλίζουν ότι τα υλικά μπορούν να παραμείνουν στο αρχικό τους επίπεδο ποιότητας και όχι να υποβαθμίζονται (Berge, 2009, σελ.6).

Τα κτίρια χρησιμοποιούν περισσότερη από τη μισή της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως και ευθύνονται για πάνω από τις μισές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, ενώ χρόνο με το χρόνο, τα σύγχρονα, “μοντέρνα” κτίρια γίνονται ολοένα και πιο ενεργοβόρα (Fuentes, Thomas, 2007, σελ.ν). Η οικοδομική δραστηριότητα έχει συμβάλλει αρνητικά στην προστασία του περιβάλλοντος, τόσο ως προς την ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση φυσικών πόρων, όσο και ως προς την παραγωγή αποβλήτων.

| | Συνεισφορά κτιρίων | Σημειώσεις |
|--------------------------------|--|-------------------------------|
| Κατανάλωση υλικών | 55% Breeam | |
| | 50% Δημούδη | |
| | 40% ανόργανα υλικά (άμμος, σκύρα, άσβεστος) 25% ξυλεία 16% νερό | |
| Εκπομπές CO₂ | 50% Breeam | Λειτουργία |
| | 55% Breeam (25% χάλυβας+ 19% σκυρόδεμα+ 3% πλαστικό και αλουμίνιο) | Παραγωγή & επεξεργασία υλικών |
| Παραγωγή αποβλήτων | 50% Δημούδη | Ανεγέρσεις κτιρίων |

Όσον αφορά στην κατανάλωση υλικών, αναφέρεται ότι ο κατασκευαστικός κλάδος αντιπροσωπεύει περίπου το 55% της συνολικής κατανάλωσής τους, με τα κτίρια (συμπεριλαμβανομένης της λειτουργίας τους) να είναι υπεύθυνα για το 50% των συνολικών εκπομπών CO₂. Είναι, επίσης, σημαντικό να σημειωθεί ότι το 55% των συνολικών βιομηχανικών εκπομπών CO₂ προέρχονται από την παραγωγή και επεξεργασία των βασικών υλικών της οικοδομικής δραστηριότητας όπως χάλυβας(25%), σκυρόδεμα(19%), πλαστικό και αλουμίνιο(3%) (BREEAM, 2014).

Αναφορικά με την εκμετάλλευση πρώτων υλών, η οικοδομική δραστηριότητα είναι υπεύθυνη για το 50% των αποθεμάτων πρώτων υλών που εξαγονται παγκοσμίως. Πιο συγκεκριμένα, ευθύνεται για το 40% της παγκόσμιας κατανάλωσης ανόργανων υλικών (π.χ. άμμος, σκύρα, άσβεστος), το 25% της παγκόσμιας κατανάλωσης ξυλείας και 16% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% της πρωτογενούς ενέργειας που δαπανάται (Δημούδη, 2006).

Ο κατασκευαστικός τομέας δεν σταματά την επίδραση του στον πλανήτη, μόνο με την εξάντληση των πόρων. Το 50% των εθνικών αποβλήτων είναι οικοδομικά απόβλητα. Στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι κάθε χρόνο παράγονται περίπου 5,5 εκατ. τόνοι οικοδομικών

αποβλήτων, δηλαδή το 19,93% του συνόλου των αστικών αποβλήτων, οι οποίοι προέρχονται κυρίως από ανεγέρσεις οικοδομών, καθώς ο ρυθμός κατεδαφίσεων κτιρίων είναι χαμηλός έως και σήμερα. Μελέτες δείχνουν ότι περίπου το 75% των αποβλήτων από την οικοδομική δραστηριότητα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.ΤΑ) (Δημούδη, 2006).

Τα οικοδομικά απόβλητα (Απόβλητα από Εκσκαφές, Κατασκευές και Κατεδαφίσεις - ΑΕΚΚ / Construction, Demolition and Excavation - CD&E waste) αποτελούνται από δύο επιμέρους συνιστώσες (Bossink & Brouwers, 1996):

- τα απόβλητα που προκύπτουν από τη **διαδικασία κατασκευής** και
- τα απόβλητα που προκύπτουν από τις **κατεδαφίσεις**.

Αυτά τα απόβλητα, μπορεί να προκύπτουν από δραστηριότητες, όπως η κατασκευή των κτιρίων και των δημοσίων υποδομών, η ολική ή μερική κατεδάφιση των κτιρίων και των δημόσιων υποδομών, ο σχεδιασμός και η συντήρηση των οδών. Σε ορισμένες χώρες όπως η Ελλάδα, ακόμα και υλικά από την εκσκαφή του

εδάφους θεωρούνται ως απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων. Αποτελούνται από διάφορα υλικά, όπως σκυρόδεμα, τούβλα, κεραμικά, ξύλο, γυαλί, μέταλλα, πλαστικά, διαλυτικά, αμίαντο και χωμάτων εκσκαφής, τα οποία καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής (Bossink & Brouwers, 1996).

1.5.2. Ελλιπής σχεδιασμός

Επιβάρυνση του περιβάλλοντος προκαλείται, επίσης, λόγω του ελλιπή σχεδιασμού των διαφόρων φάσεων της κατασκευής μετά την ανέγερσή της. Σήμερα στην Ελλάδα, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, μελετάται με λεπτομέρεια ο τρόπος συναρμολόγησης των υλικών χωρίς όμως να μελετάται η αποσυναρμολόγηση κατά το τέλος της ζωής του κτιρίου. Για παράδειγμα, ο συνήθης τρόπος διαμόρφωσης του φέροντα οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο εγχέεται στα εκάστοτε καλούπια στο εργοτάξιο, όσο και οι ενώσεις των επιμέρους δομικών στοιχείων και υλικών με μόνιμες και χημικές ενώσεις που δύσκολα αναιρούνται (π.χ. ρητίνες), αποδεικνύουν το μονολιθικό χαρακτήρα που αποκτά τελικά το κτίριο. Κατά συνέπεια, είναι σαν να θεωρείται από τους περισσότερους αυτονόητο ότι στο τέλος της ζωής του κτιρίου θα κατεδαφιστεί και

τα υλικά κατασκευής του θα απορριφθούν σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ιδιαίτερα εμφανείς γίνονται οι επιπτώσεις των μεθόδων κατασκευής και κατά τη φάση της χρήσης – επισκευής – ανακαίνισης ενός κτιρίου. Ένα αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο είναι όταν πρόκειται για την αντικατάσταση ενός στοιχείου ή υλικού, να φθείρονται ή να καταστρέφονται πλήρως άλλα μη φθαρμένα υλικά.

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι χρειάζεται εξέλιξη της σχεδιαστικής και κατασκευαστικής διαδικασίας, προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις και στα προβλήματα της κοινωνίας. Η σημερινή κοινωνία έχει ανάγκη από μια βιώσιμη αρχιτεκτονική, η οποία θα μειώσει το οικολογικό αποτύπωμα² της οικοδομικής δραστηριότητας (Αντωνοδημητράκη, 2016, σελ.25).

2. Το οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint) εκφράζει την κατανάλωση των ανανεώσιμων πόρων, την κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση των δομημένων περιοχών σε τυποποιημένες μονάδες βιολογικής παραγωγικής περιοχής (σε GHA). Το οικολογικό αποτύπωμα μετρά την ποσότητα του βιολογικά παραγωγικού εδάφους και υδάτων που χρησιμοποιεί ένα άτομο, μια πόλη, μια χώρα, μια περιοχή ή όλη η ανθρωπότητα για να παράγει τους πόρους που καταναλώνει και να απορροφήσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγει, με τη σημερινή τεχνολογία και πρακτικών διαχείρισης των πόρων. [πηγή: Αναστασοπούλου Μ, Βασιλείου Β, Καραλής Κ, 2012, Ανακύκλωση Οικοδομικών Απορριμμάτων, ΤΕΕ]

1.5.3. Επιλογή μη οικολογικών υλικών

Ένα ακόμη αίτιο για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, μπορεί να θεωρηθεί η επιλογή μη οικολογικών υλικών. Ένας μεγάλος αριθμός οικοδομικών υλικών που παράγονται από τη σημερινή βιομηχανία είναι υλικά που επαναχρησιμοποιούνται πολύ δύσκολα, με αποτέλεσμα να καταλήγουν πριν την ολοκλήρωση της χρηστικής τους ζωής σε χωματερές. Για παράδειγμα, δύσκολα επαναχρησιμοποιούνται τεχνητά οικοδομικά υλικά, που αποτελούνται από πολλές επάλληλες στρώσεις διαφορετικών υλικών. Αυτό συμβαίνει, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις, οι διαφορετικές στρώσεις των υλικών δεν μπορούν να διαχωριστούν χωρίς να υποστούν φθορά. Παράλληλα, ο χρόνος γήρανσης του κάθε υλικού διαφέρει, γεγονός που δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο τη μελλοντική επανάχρησή του.

Επίσης, πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι τα υλικά που παράγονται, δεν είναι βιοδιασπώμενα. Για παράδειγμα, τεχνητά υλικά, όπως το γυαλί, το σκυρόδεμα, το πλαστικό κ.ά. που έχουν εκτεταμένη χρήση σήμερα στον κατασκευαστικό τομέα, αποσυντίθενται πολύ δύσκολα στο τέλος του κύκλου ζωής τους. (Αντωνοδημητράκη, 2016, σελ.21)

1.6 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, οι επιπτώσεις της οικοδομικής δραστηριότητας είναι συνδυασμός πολλών αιτιών. Σίγουρα, η ανακύκλωση είναι ένας αξιόλογος τρόπος ώστε να μειωθεί αισθητά ο όγκος των οικοδομικών αποβλήτων.

Όλα τα σημαντικά έργα και δραστηριότητες πρέπει να εξετάζονται κατά την φάση του σχεδιασμού από την άποψη των ενδεχόμενων επιπτώσεων του στο περιβάλλον και να τροποποιούνται εγκαίρως, έτσι ώστε οι επιπτώσεις αυτές να ελαχιστοποιούνται. Η προσπάθεια της εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι συμβάλλει στην πρόληψη των περιβαλλοντικών βλαβών, η οποία γενικά είναι πολύ ευκολότερη και φθηνότερη από την εκ των υστέρων αντιμετώπισή τους. (Αραβαντινός, 2007, σελ.536)

Εξάλλου η εναπόθεση των απορριμμάτων στις χωματερές απλώς μεταθέτει χρονικά το πρόβλημα, χωρίς να το επιλύει. Οποιαδήποτε απορρίμματα, τοξικά, επικίνδυνα κλπ., μπορούν να μετασηματιστούν σε ωφέλιμα προϊόντα προς χρήση (πρώτες ύλες για την παραγωγή δομικών υλικών, μείγματα ασφάλτου, κλπ). (Αραβαντινός, 2007, σελ.555)

Ωστόσο, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η

παραγωγή των αποβλήτων δεν είναι το μείζον θέμα. Το θέμα είναι να αξιοποιούνται στο έπακρον. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αξιολόγηση, την ανακύκλωση, την επανάχρηση και την ευρύτερη διαχείρισή τους. Τα απορρίμματα τα οποία δε συλλέγονται ή δεν εναποτίθενται πίσω στο περιβάλλον σωστά και ασφαλώς, μπορεί να έχουν μεγάλο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Δεν είναι λίγα τα περιστατικά όπου λόγω κάποιου απορρίμματος, το οποίο κάποιος το έχει απορρίψει αυθαίρετα στον φυσικό χώρο, έχουν προκληθεί μεγάλες καταστροφές, π.χ. πυρκαγιές, πλημμύρες κλπ., που επηρέασαν τόσο το περιβάλλον, όσο τα ζώα, αλλά και τον άνθρωπο τον ίδιο.

Κεφάλαιο 02

Κυκλικό μοτίβο

*“Να θυμάσαι ως συνέχεια του “less is more” του Mies van der Rohe, του “less is bore” του R.Venturi και του “small is beautiful” του E.F.Schumacher, **ότι το λιγότερο είναι ωραιότερο**. Το λιγότερο εδώ δεν σημαίνει το πολύ λίγο, αλλά μια υπεύθυνη κρίση για το τί είναι απαραίτητο. Και το ωραιότερο δεν σημαίνει μόνο μια οικονομία μέσων, ενέργειας, δαπάνης ή αισθητικής αλλά σημαίνει ότι ενυπάρχει απέραντη εσωτερική ομορφιά στο να σκέπτεσαι και να δημιουργείς κατ’ αυτόν τον τρόπο”.*

Τομπάζης, 2007, 91

2.1. Αειφόρος ανάπτυξη

Sustainable way of thinking.

Τις τελευταίες δεκαετίες, ένα μεγάλο ποσοστό ανθρώπων έχει συνειδητοποιήσει πόσο μεγάλες καταστροφές έχει υποστεί ο πλανήτης. Για αυτόν τον λόγο έχει στραφεί προς την αειφόρο ή βιώσιμη ανάπτυξη (Sustainable Development).

Η αειφόρος (ή βιώσιμη) ανάπτυξη είναι μια έννοια σχετικά ασαφής, η οποία όμως αποτελεί ένα δυναμικό σύνθημα και ένα χρήσιμο εργαλείο για την κριτική των διαφόρων αναπτυξιακών επιλογών (Αραβαντινός, 2007, σελ.527). Ο γνωστότερος ορισμός ανήκει στην πρώτη πρωθυπουργό της Νορβηγίας Gro Harlem Brundtland. Ως πρόεδρος της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, η κ. Brundtland παρέδωσε στην Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών το 1987, την αναφορά της, με τίτλο “Το Κοινό μας Μέλλον”, στην οποία η βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως: “Η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες”. (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017, σελ.37).

Στις αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, που πραγματοποιήθηκε στο Göteborg το 2001 -Σύνοδος Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, 15-16 Ιουνίου, 2001-, διατυπώνονται ρητά τα εξής: “...Η ικανοποίηση των αναγκών της σημερινής γενιάς, χωρίς να διακυβεύεται η ικανοποίηση των αναγκών των μελλοντικών γενεών, αποτελεί θεμελιώδη στόχο. Προς τούτο απαιτείται συνδυασμός αλληλοενισχυόμενων οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών πολιτικών” (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017, σελ.37).

Η παγκόσμια συνειδητοποίηση της προσέγγισης του προβλήματος ως μια αλληλοεξαρτώμενη σύνδεση οικονομίας - περιβάλλοντος και ανθρώπου - περιβάλλοντος, οδήγησε στην αναζήτηση μιας συστημικής προσέγγισης που θα στηριζόταν στη διάρκεια της διατήρησης αυτής (Ανδρικοπούλου, 2014).

Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελείται από τρεις βασικούς αλληλένδετους πυλώνες και αρχές (Καραπάνου, 2016):

- Οικονομία
- Κοινωνία
- Περιβάλλον

Ωστόσο, οι διάφορες συζητήσεις σχετικά με τον όρο “βιώσιμη ανάπτυξη” βασίζονται στο ερώτημα του τί μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς να καταστρέψει το περιβάλλον. Η κύρια αμφισβήτηση έγκειται στο γεγονός ότι πρόκειται για έναν αντιφατικό όρο που συσχετίζει δύο εξ ορισμού συγκρουόμενες έννοιες: την οικολογική προστασία με την οικονομική ανάπτυξη. Αδυνατώντας μέσα από τις αρχές της να αποσαφηνίσει τα ακριβή όρια της κάθε μίας από αυτές, δεν παίρνει ξεκάθαρη θέση απέναντι στο υπάρχον γραμμικό - καπιταλιστικό σύστημα και δεν προτείνει ουσιαστικές μεταρρυθμίσεις (Hone, 2004, σελ.51). Ίσως μια από τις βασικότερες αστοχίες της θεωρίας της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η αδυναμία εστίασης στην υπέρμετρη κατανάλωση των δυτικών κοινωνιών. «Η καπιταλιστική ανάπτυξη και η περιβαλλοντικά βιώσιμη και ισότιμη κατανάλωση δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν συγχρόνως» (Fernando, 2003, σελ.21).



Εικ 2.1: Βιώσιμοι αναπτυξιακοί στόχοι

2.2. Γραμμικό μοντέλο παραγωγής “Cradle-to-Grave”

From birth to death.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το γραμμικό μοντέλο παραγωγής της “παραγωγής-κατανάλωσης-απόρριψης” είχε ήδη ξεκινήσει ήδη από τη Βιομηχανική Επανάσταση. Η Βιομηχανική Επανάσταση επέφερε μια σειρά από θετικές κοινωνικές αλλαγές. Η βελτίωση της ποιότητας ζωής αύξησε δραματικά το δείκτη προσδόκιμου ζωής. Η ιατρική και η εκπαίδευση βελτιώθηκαν και έγιναν ευρύτερα διαθέσιμες. Ο ηλεκτρισμός, οι τηλεπικοινωνίες και άλλες τεχνολογικές εξελίξεις αύξησαν τα επίπεδα άνεσης. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, επιπλέον, επέφερε πολλά οφέλη στην παραγωγικότητα του αγροτικού τομέα προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενός συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού (Braungart and McDonough, 2008, σελ.26).

Τον 19ο αιώνα, όταν τέθηκαν σε εφαρμογή οι βιομηχανικές πρακτικές, οι εύθραυστες ιδιότητες του περιβάλλοντος δεν ήταν ευρέως διαδεδομένες. Οι φυσικοί πόροι θεωρήθηκαν ανυπολόγιστα ανεξάντλητοι. Η ίδια η φύση έγινε αντιληπτή ως «μητέρα γη», διαρκώς ανανεώσιμη, όπου θα απορροφούσε τα πάντα και θα συνέχιζε να αναπτύσσεται. Ταυτόχρονα, η “δυτική” άποψη

έβλεπε τη φύση ως μια επικίνδυνη, σκληρή δύναμη που πρέπει να εκπολιτιστεί και να “υποταχθεί”. Οι άνθρωποι αντιλήφθηκαν τις φυσικές δυνάμεις ως εχθρικές, οπότε προσπάθησαν να τους ασκήσουν έλεγχο (Braungart and McDonough, 2008, σελ.25).

Σήμερα η κατανόηση της φύσης έχει αλλάξει δραματικά. Οι νέες μελέτες δείχνουν ότι οι ωκεανοί, ο αέρας, τα βουνά, αλλά και τα φυτά και τα ζώα που κατοικούν εκεί είναι πιο ευάλωτα από ό,τι οι πρώτοι καινοτόμοι είχαν φανταστεί ποτέ. Ωστόσο, οι σύγχρονες βιομηχανίες εξακολουθούν να λειτουργούν σύμφωνα με τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν όταν οι άνθρωποι είχαν μια πολύ διαφορετική αντίληψη του κόσμου. Η βιομηχανική υποδομή που υπάρχει και σήμερα είναι γραμμική: επικεντρώνεται στην παραγωγή ενός προϊόντος και τη μεταφορά του σ’ έναν πελάτη γρήγορα και φθηνά χωρίς να εξετάζει άλλες παραμέτρους (Braungart and McDonough, 2008, σελ.26). Πάνω σε αυτήν την εσφαλμένη πεποίθηση έχει βασιστεί η οικονομία και ο σύγχρονος τρόπος ζωής, η οποία μπορεί να συνοψισθεί στην αλληλουχία «εξορύσσω, παρασκευάζω, χρησιμοποιώ, απορρίπτω» (Andrews, 2015).

Τα βιοδιασπώμενα υλικά, όπως η τροφή και το χαρτί, έχουν και αυτά πραγματική αξία: θα μπορούσαν να αποσυντεθούν και να επιστρέψουν τα βιολογικά θρεπτικά συστατικά τους στο έδαφος. Δυστυχώς,

όλα αυτά τα προϊόντα συσσωρεύονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, όπου η αξία τους χάνεται. Αυτά είναι αποτέλεσμα ενός βιομηχανικού συστήματος που έχει σχεδιαστεί σ' ένα γραμμικό, μονόδρομο μοντέλο που αναφέρεται ως **“cradle to grave”** ή αλλιώς **“από το λίκνο σε τάφο”**. Οι πόροι εξάγονται, μετασχηματίζονται σε προϊόντα, πωλούνται και τελικά, μετά το πέρας της ζωής τους, διατίθενται σε κάποιου είδους «τάφο», συνήθως σε Χ.Υ.Τ.Α ή αποτεφρωτήρα. Ένας καταναλωτής, καταναλώνει πολλά λιγότερα στην πραγματικότητα· μερικά τρόφιμα και κάποια υγρά, ενώ τα άλλα (π.χ. υλικά συσκευασίας) έχουν σχεδιαστεί για να απορριφθούν στη συνέχεια. Πολλά προϊόντα χαρακτηρίζονται από **“ενσωματωμένη απαρχαίωση”** (built-in obsolescence), για να διαρκέσουν μόνο για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, με σκοπό να ωθήσουν τον πελάτη να ξεφορτωθεί το προϊόν και να αγοράσει ένα

νέο μοντέλο (Braungart and McDonough, 2008, σελ.27).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, γίνεται εμφανές, πως ο όρος **“cradle to grave”** (“από το λίκνο στον τάφο”) περιγράφει ακριβώς τη γραμμική πορεία. Ένα προϊόν (cradle), μετά το πέρας της πρώτης χρηστικής ζωής του, θεωρείται πλέον ακατάλληλο και καταλήγει ως απόβλητο (grave) σε κάποια χωματερή. Με αυτόν τον τρόπο η παραγωγή των αποβλήτων αυξάνεται δραματικά και η διαχείρισή τους εξίσου δύσκολη. Παράλληλα, επιβαρύνεται τόσο ο πλανήτης λόγω των τοξικών ουσιών που εκλύονται, όσο και η ποιότητα ζωής των ανθρώπων και των έμβιων οργανισμών που ζουν σε αυτόν.

Μέσα στο παραπάνω πλαίσιο, γίνεται κατανοητό ότι σε πολλές περιπτώσεις, και η σύγχρονη αρχιτεκτονική βασίζεται στο ίδιο γραμμικό μοντέλο παραγωγής. Σύμφωνα με τα ισχύοντα στάδια ζωής ενός κτιρίου, κατά το πρώτο στάδιο απαιτείται η εξόρυξη πλουτοπαραγωγικών πρώτων



Εικ 2.2: Γραμμικό μοντέλο παραγωγής
Cradle to grave

υλών για την παραγωγή των οικοδομικών υλικών. Έπειτα, το κτίριο κατασκευάζεται και χρησιμοποιείται για κάποιο χρονικό διάστημα και τέλος, είτε κατεδαφίζεται, είτε παραμένει ανενεργό. Οι προαναφερθείσες περιπτώσεις φαίνεται να σχετίζονται με το γραμμικό μοντέλο “cradle to grave”, καθώς τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή χάνουν την εγγενή αξία τους. Επίσης, μερικές φορές, κάποια κτίρια καθίστανται αδύνατα βιώσιμης διαχείρισης, επαναχρησιμοποίησης, αποδόμησης ή ανακύκλωσης λόγω του κακού σχεδιασμού εξ αρχής.

2.3. Κυκλική οικονομία έναντι γραμμικής

2.3.1. Ο “βρόχος” των υλικών

«Μια γραμμική οικονομία, μέσω του σύγχρονου μοντέλου παραγωγής, μετατρέπει τους φυσικούς πόρους σε απόβλητα» (Murray et al., 2017).

Με βάση τους Murray et al., 2017, η κυκλική οικονομία είναι το άκρως αντίθετο της γραμμικής. Όλα ρέουν σε ένα νοητό αέναο κύκλο και τίποτα δεν αχρηστεύεται για πάντα. Τα υλικά επεξεργάζονται, μετατρέπονται και επαναχρησιμοποιούνται με τη νέα τους μορφή. Έτσι, προφυλάσσεται η αξία των φυσικών πόρων και του

περιβάλλοντος και μειώνονται αισθητά τα απόβλητα.

Η προέλευση του όρου κυκλική οικονομία είναι ακόμη αβέβαιη. Ωστόσο, η ιδέα πίσω από μια κυκλική οικονομία προϋπάρχει εδώ και αρκετό καιρό. Ήδη από το 1848, ο Πρόεδρος του Royal Society of Chemistry, R.W. Hofman, μίλησε για το ιδανικό εργοστάσιο που παράγει μόνο προϊόντα χωρίς απόβλητα. Έναν αιώνα περίπου αργότερα (το 1966), ο Αμερικανός οικονομολόγος, εκπαιδευτικός, ακτιβιστής της ειρήνης, και διεπιστημονικός φιλόσοφος, Kenneth Boulding ήταν ο δημιουργός του όρου κυκλικού οικολογικού συστήματος (cyclical ecological system). Δήλωσε ότι η ανθρωπότητα πρέπει να βρει τη θέση της σε αυτόν τον κύκλο, ο οποίος είναι ικανός για συνεχή αναπαραγωγή υλικών και πόρων. Το 2011, οι Matthews and Tan δημοσίευσαν ένα άρθρο στο Περιοδικό Βιομηχανικής Οικολογίας του Yale, στο οποίο πρόσθεσαν έναν επιπλέον όρο για την κυκλική οικονομία, του «κλειστού βρόχου». Είναι σαφές ότι με τα χρόνια έχουν δημιουργηθεί πολλαπλές ερμηνείες από διαφορετικές σκοπιές για την έννοια της κυκλικής οικονομίας. Ωστόσο όλες έχουν ένα κοινό, καθώς μιλάνε για μια οικονομία κλειστού βρόχου, στην οποία τα απόβλητα οφείλουν είτε να ελαχιστοποιηθούν, είτε να επαναχρησιμοποιηθούν, ώστε να δημιουργηθεί ένα συνεχές αυτοσυντηρούμενο σύστημα.

Εφαρμόζοντας ένα μοντέλο βασιζόμενο σε μια

βιομηχανική προσέγγιση σημαίνει ότι τα ανθρώπινα παραγωγικά συστήματα θα πρέπει να λειτουργούν όπως οι οργανισμοί, δηλαδή να επεξεργάζονται τα συστατικά που μπορούν να επιστρέψουν πίσω στον κύκλο. Η εφαρμογή του καθιστά δυνατή τη μετάβαση από το υπάρχον γραμμικό μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης στο κυκλικό, όπου η αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων, παραμένει στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο και η παραγωγή αποβλήτων περιορίζεται στο ελάχιστο. Ό,τι προηγουμένως θεωρείτο ως “απόβλητο”, τώρα δύναται να μετατραπεί σε πρώτη ύλη (ΕΚΤ&ΗΠ. Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης, 2019).

Η κυκλική οικονομία είναι σε κάποιο βαθμό η μετεξέλιξη της ανακύκλωσης, έχει όμως και μια σημαντική **διαφορά**:

Στην ανακύκλωση, ένα χρησιμοποιημένο προϊόν αποσυντίθεται σε πρώτες ύλες που ανακτώνται προς επαναχρησιμοποίηση στην παραγωγή νέων προϊόντων. Στην κυκλική οικονομία, το προϊόν σχεδιάζεται εξαρχής, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται ανακατασκευή και επαναμεταποίηση, για να επαναχρησιμοποιηθεί ως καινούργιο. Μπαίνει, έτσι, φρένο στην αλόγιστη εξάντληση, ανεπιστρεπτί, των πλουτοπαραγωγικών πόρων του πλανήτη και την καταστροφή της βιόσφαιρας λόγω της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της συνεπαγόμενης κλιματικής αλλαγής (Στο ίδιο).

Εικ 2.3: Κυκλική οικονομία έναντι ανακύκλωσης



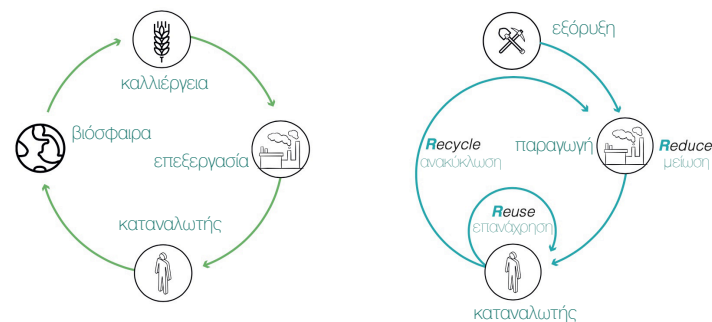
Η ανακύκλωση παρόλο που θεωρείται μια ενδεδειγμένη λύση διαχείρισης των αποβλήτων, συνεχίζει να παράγει ορισμένα απορίμματα.

Όλα τα υλικά και τα προϊόντα που παράγονται μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες (Ellen Macarthur Foundation, 2017) :

- στα **βιολογικά** υλικά που προέρχονται από τη φύση (όπως τρόφιμα, βαμβάκι, ξύλο) και έχουν την ικανότητα να βιοδιασπώνται,
- στα **τεχνολογικά** παραγόμενα υλικά (όπως εξαρτήματα, πλαστικό κ.ά.)

Ο **πρώτος** κύκλος αφορά στα βιολογικά υλικά, τα οποία είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα, ούτως ώστε να μπορούν να κινούνται στον βιολογικό κύκλο ατέρμονα. Στην ουσία, πρόκειται για έναν βιολογικό μεταβολισμό. Το τελικό προϊόν έχει την ικανότητα να επανέρχεται στις πρώτες ύλες από τις οποίες προήλθε, όπως για παράδειγμα γίνεται με την κομποστοποίηση βιολογικών αποβλήτων, τα οποία επιστρέφουν στη βιόσφαιρα με τη μορφή λιπάσματος, και αποτελούν τα ίδια την τροφή για την παραγωγή νέων υλικών. Με αυτόν τον τρόπο, ένας κύκλος παραγωγής ολοκληρώνεται, ενώ ταυτόχρονα ένας νέος ξεκινάει. Αυτή η διαδικασία στην ουσία, αναδημιουργεί συστήματα διαβίωσης, όπως το έδαφος, τα οποία παρέχουν ανανεώσιμους πόρους.

Ο **δεύτερος** κύκλος αφορά στην επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακατασκευή ή (ως τελευταία λύση/εναλλακτική) ανακύκλωση των προϊόντων. Στόχος αυτού είναι η αξιοποίηση των υλικών κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να χάνεται ελάχιστη από την αρχική αξία τους. Αυτή η ιδέα στηρίζεται κυρίως στη βιομηχανική συμβίωση, όπου οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν η μία τα απόβλητα της άλλης ως πόρους, και γίνονται εργασίες για να επιβραδύνουν τους κύκλους χρήσης τους, προκειμένου να καθυστερήσει κατά το δυνατόν η παραγωγή αποβλήτων (Murray, Skene, Haynes, 2017).



Εικ 2.4: Διατήρηση αξίας των βιολογικών και τεχνολογικών στοιχείων

Σε μια γραμμική οικονομία, τα βιολογικά απόβλητα έχουν οριστικό τέλος ζωής και δεν επιστρέφουν στη βιόσφαιρα διατηρώντας την αξία τους. Σε μια κυκλική οικονομία, κάθε φορά που το βιολογικό προϊόν απορρίπτεται, επιστρέφεται στη βιόσφαιρα. Έτσι, δημιουργείται ένα σύστημα όπου διατηρείται συνεχώς η αξία των φυσικών πόρων.

Τα τεχνολογικά προϊόντα μπορούν επίσης να έχουν ένα οριστικό τέλος ζωής. Σε μια κυκλική οικονομία η χρήση των φυσικών πόρων μειώνεται, τα προϊόντα επαναχρησιμοποιούνται ή/και ανακυκλώνονται. Έτσι, παρατείνεται η διάρκεια ζωής των προϊόντων και των υλικών και αποτρέπεται το οριστικό τέλος ζωής.

Η Κίνα είναι μία από τις χώρες που προώθησε την κυκλική οικονομία. Λέγεται ότι η Κίνα ήταν το μέρος όπου η έννοια της κυκλικής οικονομίας τέθηκε σε λειτουργία για πρώτη φορά, σε μια προσέγγιση για τη διευκόλυνση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης, καθώς επικεντρωνόταν στην τάση της εξάντλησης των φυσικών πόρων. Σήμερα, η κυκλική οικονομία έχει μετατραπεί περισσότερο σε μια οικονομική στρατηγική. Στόχος, πλέον, είναι η δημιουργία ενός βιώσιμου οικονομικού συστήματος με το οποίο σχετίζεται μια βιώσιμη κοινωνία, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να επιτύχει στόχους αειφορίας και να αντιμετωπίσει τις τάσεις της κλιματικής αλλαγής και της εξάντλησης των φυσικών πόρων (Cortenraede, 2018).

Ωστόσο, η κυκλική οικονομία δεν είναι μόνο η διατήρηση της αξίας των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, αλλά και η διατήρηση της αξίας των προϊόντων στην οικονομία για τη μεγαλύτερη δυνατή χρονική περίοδο. Ο σχεδιασμός για προσαρμοστικότητα, που επιτρέπει στα κτίρια να εκπληρώνουν τις λειτουργίες τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και ο σχεδιασμός για ανθεκτικότητα, που προωθεί τη χρήση υλικών με μεγάλη διάρκεια ζωής και λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης, είναι εναλλακτικές στρατηγικές σχεδιασμού που θα αναλυθούν περαιτέρω στο 4^ο και 5^ο κεφάλαιο (Gervasio, Dimova, 2018, σελ.13).

2.3.2. Ellen MacArthur Foundation

Το Ellen MacArthur Foundation ανέπτυξε ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την κυκλική οικονομία βάσει την αναδιάταξη της αξίας στη διαδικασία της ανακύκλωσης. Σύμφωνα με τον Murray et al., 2017, μέσα σε μια κυκλική οικονομία, η απώλεια της αξίας ελαχιστοποιείται με την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση ενός προϊόντος. Αυτές οι αρχές, οι οποίες ενσωματώνονται στο όραμα της κυκλικής οικονομίας του ιδρύματος Ellen MacArthur Foundation, υπήρχαν από παλαιότερα.

Ήδη από το 1979, ο Ολλανδός πολιτικός Ad Lansink παρουσίασε την κλίμακα «Ladder van Lansink». Η ιδέα πίσω από αυτήν την κλίμακα είναι ότι για να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργούνται από τα απόβλητα, πρέπει να ανέβει κανείς στην κορυφή της κλίμακας. Δηλαδή, ο καλύτερος τρόπος είναι η **πρόληψη** της δημιουργίας των αποβλήτων, σε αντίθεση με τη χρήση των ΧΥΤΑ (Lansink & Vries, 2010). Αυτή η θεωρία του Lansink βοηθά στην κατανόηση των διαδικασιών στο **Διάγραμμα 2.1**.



Διάγραμμα 2.1: Κλίμακα διαχείρισης απορριμμάτων κατά τον Lansink

Εν συνεχεία, το **Διάγραμμα 2.2.** είναι βοηθητικό για να κατανοηθούν οι διαφορετικές δυνατότητες για τον τρόπο επεξεργασίας και επιστροφής των αποβλήτων στην αλυσίδα παραγωγής.

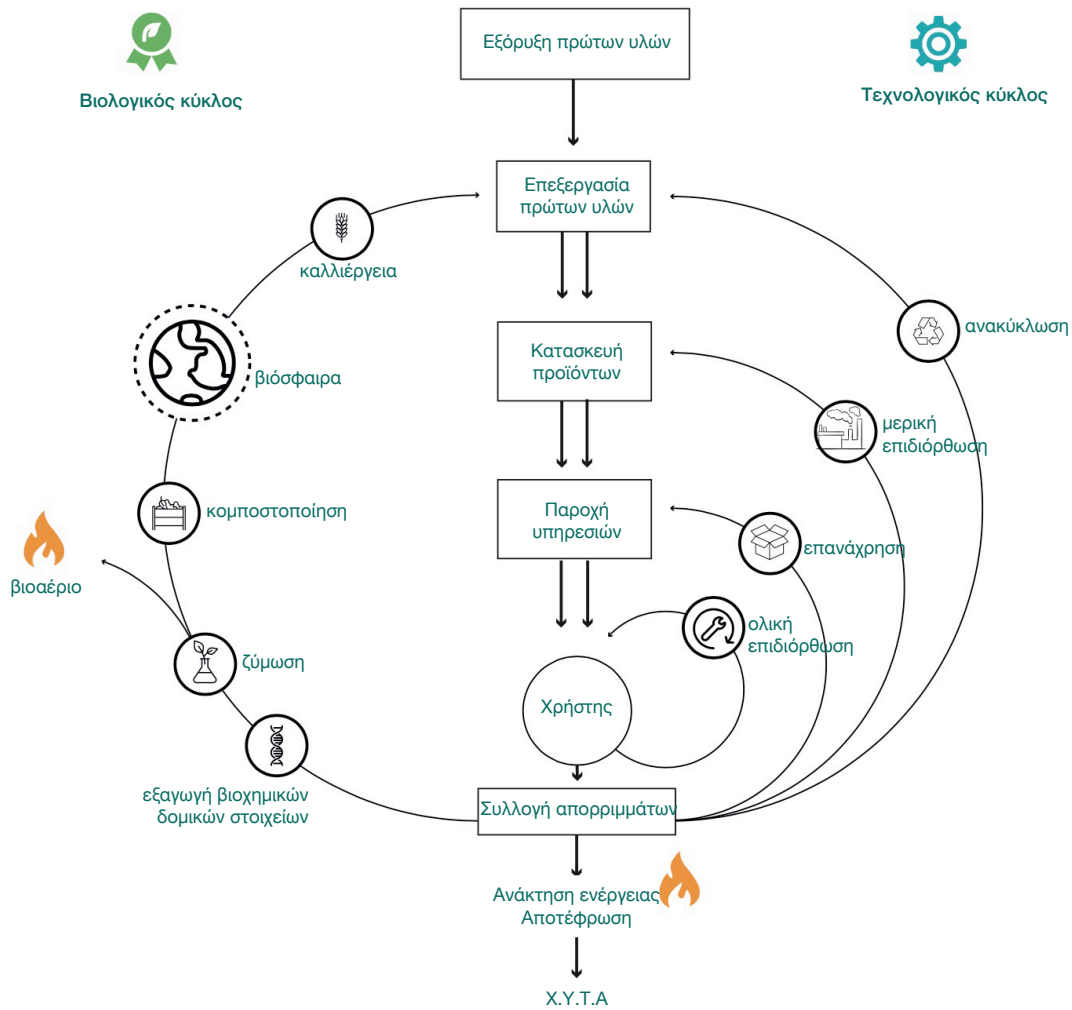
Στο παρακάτω **Διάγραμμα 2.2.**, το ίδρυμα έχει τοποθετήσει **αριστερά τον βιολογικό** κύκλο και **δεξιά τον τεχνολογικό**. Και οι δύο κύκλοι έχουν ως αφητηρία τον χρήστη, ο οποίος μπορεί να είναι είτε μια εταιρεία, είτε ένας κάτοικος. Τα απόβλητα συλλέγονται και

μεταφέρονται στην εκάστοτε εγκατάσταση επεξεργασίας. Ο λιγότερος αξιόλογος τρόπος επεξεργασίας είναι η αποτέφρωση. Αυτός ο τρόπος απαιτεί εισροή μεγάλων ποσών ενέργειας, με αποτέλεσμα τα υπολείμματα να εναποτίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Αντίθετα, η πιο αξιόλογη μέθοδος ανακύκλωσης για τον βιολογικό κύκλο είναι η εξαγωγή βιοχημικών δομικών στοιχείων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από χημικές ή φαρμακευτικές εταιρείες. Μετά από αυτή τη διαδικασία, η ενέργεια που καταναλώνεται μπορεί να ανακτηθεί με τη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας¹ απορριμμάτων. Τα υπολείμματα θα κομποστοποιηθούν και θα επιστρέψουν πίσω στο βιολογικό κύκλο με τη μορφή λιπάσματος.

Όσον αφορά στον τεχνολογικό κύκλο, τα στοιχεία που συνθέτουν τα τεχνολογικά αγαθά μπορούν να ανακυκλωθούν με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους. Αυτοί, με σειρά ταξινόμησής τους από τον καλύτερο στον χειρότερο, είναι (Cortengraede, 2018, σελ. 34):

1. Η πλήρης επιδιόρθωση του προϊόντος
2. Η επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος από
 _____ τρίτους χρήστες

¹ Μέσω της θερμικής επεξεργασίας τα στερεά απορρίμματα μετατρέπονται σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα με την σύγχρονη απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων θερμικής ενέργειας.



Διάγραμμα 2.2: Κυκλική οικονομία κατά το Ellen MacArthur Foundation

3. Η επιδιόρθωση ορισμένων στοιχείων και η ενσωμάτωσή τους σε νέα προϊόντα
4. Η ανακύκλωση των πρώτων υλών του

Σύμφωνα με το διάγραμμα, όσο μικρότερος είναι ο κύκλος που θα χρειαστεί το απόρριμμα για να επιστρέψει ως προϊόν πίσω στο χρήστη, τόσο λιγότερες τροποποιήσεις δέχεται στην αρχική δομή του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται η αρχική εγγενής του αξία. Αντιστοίχως, ο μεγαλύτερος κύκλος, απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργασία προκαλώντας περισσότερες απώλειες όσον αφορά στην αρχική αξία του. Στον συγκεκριμένο κύκλο, το τελικό προϊόν συνεχίζει να διατηρεί ένα μέρος της εγγενούς αξίας του, ενώ το υπόλοιπο που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, αποδίδεται πίσω στο περιβάλλον με τη μορφή απορριμμάτων.

Όπως αναφέρθηκε, η κυκλική οικονομία στοχεύει στη δημιουργία ενός συστήματος όπου τα υλικά διατηρούνται μέσα σε τεχνικούς ή βιολογικούς κύκλους κρατώντας παράλληλα την υψηλότερη δυνατή χρηστική τους αξία (Kubbinga, 2018, σελ.7). Ωστόσο, πέρα από αυτό, «μια κυκλική οικονομία, στοχεύει στην ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών και στη δίκαιη κατανομή των πόρων χωρίς να υπονομεύεται η λειτουργία της βιόσφαιρας ή να ξεπερνιούνται τα πεπερασμένα όρια

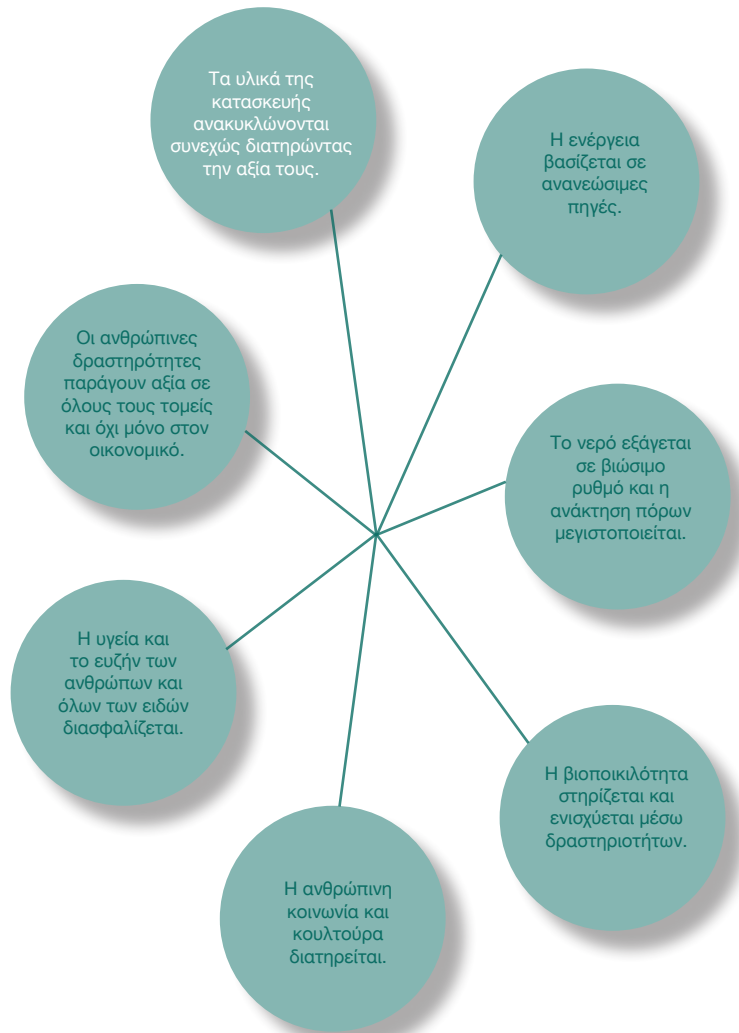
του πλανήτη». Απαραίτητη είναι μια ευρύτερη θεώρηση της κυκλικής οικονομίας που συμπεριλαμβάνει και τους επτά πυλώνες της όπως ορίζονται από τον οργανισμό Metabolic (Gladek, 2017).

2.4. Cradle to Cradle

Cradle to Cradle Certified™.

Το Cradle to Cradle Certified™ είναι ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο μέτρο ασφαλών, πιο βιώσιμων προϊόντων που παράγονται για την κυκλική οικονομία.

Η έννοια του “Cradle to Cradle” αναπτύχθηκε από τον καθηγητή Michael Braungart και τον αρχιτέκτονα William McDonough και έκτοτε αποτελεί στοιχείο της αειφορίας. Το Ινστιτούτο Καινοτομίας Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPII) ιδρύθηκε το 2011 και διαχειρίζεται το πρότυπο πιστοποίησης προϊόντων Cradle to Cradle. Έτσι, όπως και στη φύση, με τον σχεδιασμό Cradle to Cradle, δεν υπάρχει σπατάλη, καμία έλλειψη και κανένας περιορισμός. Πρόκειται για μια σχεδιαστική ιδέα που βασίζεται στην απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση των πρώτων υλών («τα απόβλητα είναι τρόφιμα»), τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την τόνωση της ποικιλομορφίας. Ο στόχος είναι



Εικ 2.5: Οι 7 πυλώνες της Κυκλικής Οικονομίας

να ξεκινήσει μια νέα βιομηχανική επανάσταση που διασφαλίζει ότι η παραγωγή και η μεταποίηση έχουν θετικό αντίκτυπο στην κοινωνία, την οικονομία και τον πλανήτη μας (Mosa, 2017).

Η έννοια του C2C είναι άμεσα συνυφασμένη με τη λογική της κυκλικής οικονομίας, όπου η ροή των υλικών διατηρείται σε ένα σύστημα κλειστού βρόγχου. Αρχικά, υποστηρίζει ότι ο σχεδιασμός ενός προϊόντος υποδεικνύει τις επιπτώσεις που θα έχει στο περιβάλλον. Γι' αυτόν τον λόγο, η παραγωγή προϊόντων προτείνεται να γίνεται μελετημένα, ούτως ώστε να μην δημιουργούνται απόβλητα και ρύπανση, αλλά αντιθέτως, τα υπολείμματα και οι εκροές αυτών να συμβάλουν θετικά στα φυσικά συστήματα. Προϋπόθεση αυτού, βέβαια, είναι η αποφυγή ουσιών που εκλύουν τοξίνες στο περιβάλλον, καθώς και η διατήρηση της σύστασης των υλικών, χωρίς να αναμιγνύονται μεταξύ τους. Στην ουσία, το C2C απαιτεί τα προϊόντα να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται ότι όλα τα υλικά θα ταξινομηθούν σε ένα από τα δυο κυκλικά συστήματα, τον βιολογικό κύκλο και τον τεχνολογικό. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το C2C είναι ισοδύναμο με την πραγματική βιωσιμότητα που εντοπίζεται στα φυσικά συστήματα της Γης (Sherratt, 2013).

Για να λάβουν πιστοποίηση, τα προϊόντα αξιολογούνται για περιβαλλοντικές και κοινωνικές

επιδόσεις σε πέντε κρίσιμες κατηγορίες βιωσιμότητας (What is Cradle to cradle Certified™, 2020.) :

- 1. Υγεία υλικών (Material health):** Η κατηγορία υλικών υγείας βοηθά να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας χημικά όσο το δυνατόν ασφαλέστερα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, από κορυφαίους σχεδιαστές και προγραμματιστές προϊόντων μέσω μιας διαδικασίας απογραφής, αξιολόγησης και βελτιστοποίησης χημικών υλικών. Ως βήμα προς την πλήρη πιστοποίηση, οι κατασκευαστές μπορούν επίσης να αποκτήσουν βεβαίωση για τα προϊόντα που πληρούν τις απαιτήσεις υλικής υγείας Cradle to Cradle Certified™.
- 2. Επαναχρησιμοποίηση υλικών (Material reutilisation):** Η κατηγορία επαναχρησιμοποίησης υλικών στοχεύει στην εξάλειψη της έννοιας των αποβλήτων βοηθώντας να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα παραμένουν σε διαρκείς κύκλους χρήσης και επαναχρησιμοποίησης από τον ένα κύκλο χρήσης προϊόντων στον άλλο.
- 3. Διαχείριση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άνθρακα (Renewable energy):** Η κατηγορία διαχείρισης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άνθρακα συμβάλλει στο να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα

κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έτσι ώστε ο αντίκτυπος των αερίων που επηρεάζουν το κλίμα λόγω της παραγωγής του προϊόντος να μειώνεται ή να εξαλείφεται.

- 4. Διαχείριση υδάτων (Water stewardship):** Η κατηγορία διαχείρισης υδάτων διασφαλίζει ότι το νερό αναγνωρίζεται ως πολύτιμος πόρος, οι λεκάνες απορροής προστατεύονται και το καθαρό νερό είναι διαθέσιμο για ανθρώπους και όλους τους άλλους οργανισμούς.
- 5. Κοινωνική δικαιοσύνη (Social fairness):** Ο στόχος αυτής της κατηγορίας είναι ο σχεδιασμός επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που τιμούν όλους τους ανθρώπους και τα φυσικά συστήματα που επηρεάζονται από την κατασκευή ενός προϊόντος.

2.5. Ανάλυση των 7R

The best way to manage waste is not to produce it.

Η ακριβής προέλευση της φράσης “Reduce, Reuse, Recycle” ή “Μείωση- Επαναχρησιμοποίηση- Ανακύκλωση” δεν είναι γνωστή. Ωστόσο, πολλοί πιστεύουν ότι η

προέλευσή της ήταν στα μέσα της δεκαετίας του '70, όταν ψηφίστηκε ο νόμος περί πόρων και ανάκτησης των ΗΠΑ. Τα 3R αναφέρονται στα παρακάτω (The 7 R's: Refuse, Reduce, Repurpose, Reuse, Recycle, Rot, Rethink | Dunedin, FL, χ.ε.):

- **Reduce** (Μείωση): Μειώνονται οι πόροι που καταναλώνει κανείς καθημερινά. Ένα παράδειγμα θα ήταν ο κάθε ένας να χρησιμοποιεί το δικό του επαναχρησιμοποιούμενο ποτήρι ώστε να μειώνεται η χρήση προϊόντων μιας χρήσης.
- **Reuse** (Επαναχρησιμοποίηση): Ένα αντικείμενο θα μπορούσε να μην απορριφθεί εφόσον μπορεί να ξανά χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, στο σούπερ μάρκετ κάποιες σακούλες μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αρκετές φορές μέχρι να φτάσουν στο πέρας της ζωής τους.
- **Recycle** (Ανακύκλωση): Η ανακύκλωση είναι μία σειρά βημάτων όπου παίρνει ένα χρησιμοποιημένο υλικό, το επεξεργάζεται, το ανακατασκευάζει και το πουλάει ξανά ως ένα νέο προϊόν.

Η σειρά με την οποία χρησιμοποιεί κανείς τα 3R έχει σημασία, καθώς πρακτικά καθορίζει την προτεραιότητα τους. Ξεκινά πρώτα με τη μείωση, μετά έρχεται η επαναχρησιμοποίηση και τέλος η ανακύκλωση (Urban impact, 2018). Επιπλέον, βοηθούν στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων, διατηρούν του φυσικούς πόρους και εξοικονομούν χρήμα και ενέργεια όπου οι κοινότητες θα πρέπει να χρησιμοποιούν για να απορρίπτουν τα απόβλητα σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η χωροθέτηση ενός νέου χώρου υγειονομικής ταφής έχει γίνει δύσκολη και ακριβότερη λόγω των περιβαλλοντικών κανονισμών και της εναντίωσης των πολιτών (3 R's– Reduce, Reuse & Recycle, χ.ε.).



Εικ 2.6: Τα 3 R's Reduce-Reuse-Recycle

Την τελευταία δεκαετία, τα 3R έχουν εξελιχθεί και έχουν συμπεριληφθεί και άλλες έννοιες όπως Rethink, Refuse, Recover & Repurpose. Οι υποστηρικτές της αειφορίας συνειδητοποίησαν ότι τα 3R ήταν πιθανώς πολύ απλά και θα έπρεπε να εξεταστεί μια πιο ισχυρή προσέγγιση για τη διαχείριση των πόρων και των υπολοίπων απορριμμάτων (Urban impact, 2018).

- **Rethink** (Δεύτερη σκέψη): Επανεξετάζονται οι φυσικοί πόροι. Ξανά σκεφτόμαστε τί καταναλώνουμε και τί χρησιμοποιούμε. Κάθε επιλογή είναι σημαντική για τον πλανήτη. (The 7 R's of Sustainability, χ.ε.)
- **Refuse** (Άρνηση): Η βιωσιμότητα ορίζει τα απορρίμματα ως άρνηση αποδοχής ή υποστήριξης προϊόντων ή εταιρειών που βλάπτουν το περιβάλλον. Ένας τρόπος για να το κάνει αυτό κάποιος είναι να αρνηθεί αντικείμενα τα οποία είναι υπερβολικά συσκευασμένα ή συσκευασμένα σε πλαστικό (The 7 R's of Sustainability, χ.ε.)
- **Recover** (Ανάκτηση): Η ανάκτηση υπογραμμίζει την έννοια της εξαγωγής όλων των πολύτιμων πόρων από τη ροή αποβλήτων και πιθανώς την επανεπεξεργασία τους σε προϊόν καυσίμου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας για το ηλεκτρικό δίκτυο ή τις βιομηχανικές διεργασίες. Η ανάκτηση υλικών θα σήμαινε ότι ο όγκος του

απορριφθέντος προϊόντος ή του χώρου υγειονομικής ταφής θα μειωνόταν (Urban impact, 2018).

- **Repurpose** (Νέος σκοπός): Πριν από την απόρριψη ενός αντικειμένου, μπορεί να σκεφτεί κάποιος τους τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε να επανατοποθετηθεί ή να επισκευαστεί (The 7R's of Sustainability, χ.ε.).



Εικ 2.7: Ορισμένα Re- της κυκλικής οικονομίας

2.6. Κύκλος ζωής κτιρίου

Building Life Cycle Assessment.

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis / LCA) είναι μια διαδικασία μέσω της οποίας υπολογίζονται όλες οι ενεργειακές απαιτήσεις, καθώς και οι εκπομπές ρύπων ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Οι φάσεις οι οποίες λαμβάνονται υπ' όψιν είναι οι εξής:

- Κατασκευή
- Λειτουργία
- Κατεδάφιση

Η φάση της κατασκευής περιλαμβάνει την εξαγωγή, επεξεργασία και μεταφορά των υλικών και τεχνικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται στην ανέγερση και ανακαίνιση ενός κτιρίου. Η φάση της λειτουργίας αναφέρεται σε όλες τις δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με τη λειτουργία ενός κτιρίου, όπως η ηλεκτροδότηση συσκευών, η χρήση νερού κ.α.. Τέλος, η φάση κατεδάφισης αφορά την κατεδάφιση του κτιρίου και τη μεταφορά των υλικών σε χωματερές ή εγκαταστάσεις ανακύκλωσης. Αφού εκτιμηθεί η ενέργεια και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε κάθε φάση, υπολογίζονται οι παγκόσμιες και τοπικές επιπτώσεις σε

περιβαλλοντικά θέματα (Ramesh, et.al, 2010).

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ποσοτική αξιολόγηση ενός υλικού που χρησιμοποιείται, των ροών ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων. Χρησιμοποιείται για να αξιολογεί συστηματικά τον αντίκτυπο κάθε υλικού και διαδικασίας. Το LCA είναι μια τεχνική για την αξιολόγηση διαφόρων πτυχών που σχετίζονται με την ανάπτυξη ενός προϊόντος και τον πιθανό αντίκτυπό του καθ'όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος (δηλ. From cradle-to-grave) από την απόκτηση πρώτων υλών, την επεξεργασία, την κατασκευή, τη χρήση και τελικά τη διάθεσή του.

Η ιδέα της LCA αναπτύχθηκε με την πάροδο των ετών, κατά τις δεκαετίες 1970 και 1980. Οι μελέτες κύκλου ζωής επικεντρώθηκαν στην ποσοτικοποίηση της ενέργειας και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και των αποβλήτων που απελευθερώθηκαν στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Το μεθοδολογικό πλαίσιο LCA περιλαμβάνει τέσσερα στάδια, δηλαδή τον καθορισμό στόχου και πεδίου, ανάλυση αποθεμάτων κύκλου ζωής, εκτίμηση επιπτώσεων του κύκλου ζωής, και ερμηνεία του κύκλου ζωής. (Sharma, Saxena, Sethi, Shree, Varun, 2010).

Τα κτίρια έχουν σχεδιαστεί για μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να εκτελούν διάφορες λειτουργίες. Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis) που εφαρμόζεται στα κτίρια στοχεύει στην αξιολόγηση του δυνητικού περιβάλλοντος των κτιρίων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής, από την παραγωγή υλικών έως το τέλος της ζωής και τη διαχείριση της διάθεσης αποβλήτων.

Το LCA αναπτύχθηκε αρχικά για την ανάλυση απλών προϊόντων, δηλαδή προϊόντων με σύντομες περιόδους ζωής και πολύ συγκεκριμένων λειτουργιών. Αυτό δεν ισχύει για τα κτίρια, τα οποία έχουν συνήθως μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής και ποικίλουν ως προς τις λειτουργίες τους. Ως εκ τούτου, το CEN/TC 350² έλαβε εντολή για την ανάπτυξη προτύπων για την αξιολόγηση της αειφορίας των κατασκευαστικών έργων. Η σειρά προτύπων που αναπτύχθηκε από το TC, τα οποία δημοσιεύθηκαν τα τελευταία χρόνια, λειτουργούν σε δύο επίπεδα, το επίπεδο του προϊόντος και το επίπεδο του κτιρίου, τα οποία κατανοούν την εκτίμηση των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών πτυχών των κατασκευαστικών έργων (Gervasio, Dimona, 2018, σελ.8).

2. CEN/TC 350: Βιωσιμότητα των κατασκευαστικών έργων. Η επιτροπή είναι υπεύθυνη για την αξιολόγηση των πτυχών βιωσιμότητας νέων και υφιστάμενων κατασκευαστικών έργων στο πλαίσιο των στόχων αειφόρου ανάπτυξης του ΟΗΕ και της κυκλικής οικονομίας. [πηγή: <https://standards.cen.eu/dyn/>]

Επομένως, ο στόχος του μοντέλου LCA είναι διπλός (Gervasio, Dimona, 2018, σελ.15):

- να επιτρέψει την αξιολόγηση του κύκλου ζωής των κτιρίων, στα πρώτα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού
- να καταστήσει δυνατή τη συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης του κύκλου ζωής των κτιρίων

Τα κτίρια κατασκευάζονται από τεράστιες ποσότητες υλικών και ως εκ τούτου, η παράταση της διάρκειας ζωής τους επιτρέπει την επίτευξη της πιο αποτελεσματικής χρήσης των πόρων που επενδύονται στο κτίριο. Ομοίως, η αύξηση του δυναμικού των υλικών κτιρίων που πρέπει να ανακτηθούν για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση μετά την αποδόμηση, αποφεύγει την ανάγκη παραγωγής νέων υλικών από παρθένους πόρους, προστατεύοντας έτσι το φυσικό περιβάλλον. Επομένως, δύο βασικές στρατηγικές σχεδιασμού επισημαίνονται εδώ για μια βελτιωμένη απόδοση κύκλου ζωής των κτιρίων:

- ο σχεδιασμός προσαρμοστικότητας (**design for adaptability**) και
- ο σχεδιασμός αποδόμησης (**design for deconstruction**).

Τονίζεται για άλλη μια φορά ότι, προκειμένου να επιτευχθούν αποτελεσματικές βελτιώσεις στον κύκλο ζωής του κτιρίου, θα πρέπει και οι δύο στρατηγικές σχεδιασμού να εξετάζονται από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού της κατασκευής. Όπως έχει ειπωθεί, ένας τυπικός κύκλος ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει τα 4 στάδια της εξόρυξης και επεξεργασίας πρώτων υλών, της κατασκευής, χρήσης και του τέλους ζωής. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στον κύκλο ζωής του κτιρίου.

2.6.1. Κυκλικό κτίριο

Circular Building.

Ένα κυκλικό κτίριο μπορεί να οριστεί ως: “Ένα κτίριο που οικοδομείται, χρησιμοποιείται και επαναχρησιμοποιείται χωρίς περιττή εξάντληση των πόρων, περιβαλλοντική ρύπανση και υποβάθμιση του οικοσυστήματος. Είναι κατασκευασμένο σε ένα οικονομικά υπεύθυνο πλαίσιο και συμβάλλει στην ευημερία των ανθρώπων και της βιόσφαιρας ολοκληρωτικά. Τα τεχνικά του στοιχεία μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, και τα βιολογικά του στοιχεία μπορούν επίσης να επιστραφούν στον βιολογικό κύκλο” (Kubbinga, 2018, σελ.11).

Ο ορισμός είναι σύμφωνος με τη θεωρία του Ellen MacArthur Foundation για την κυκλικότητα, καθώς η διατήρηση της αξίας των κτιρίων και των εξαρτημάτων τους διασφαλίζεται με τη βελτιστοποίηση των κύκλων χρήσης και επαναχρησιμοποίησης με όσο το δυνατόν λιγότερη χρήση παρθένων πόρων. Επιπλέον, τονίζει τη σημασία τόσο των βιολογικών όσο και των τεχνολογικών κύκλων. Σύμφωνα με τον ευρύτερο ορισμό του Gladek, προασπίζει τις ανθρώπινες ανάγκες και τη βιόσφαιρα του πλανήτη (Kubbinga, 2018, σελ.12).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι απαιτείται οργανωμένη προσέγγιση για την επίτευξη της κυκλικότητας σε επίπεδο κτιρίου. Η ενσωμάτωση στο ήδη υπάρχον περιβάλλον είναι αρκετά σημαντική για τη μεγιστοποίηση των θετικών επιπτώσεων. Για παράδειγμα, διασφαλίζοντας ότι τα (επαναχρησιμοποιούμενα) υλικά προέρχονται από τοπικούς παραγωγούς για την ελαχιστοποίηση των μεταφορών (Kubbinga, 2018, σελ.12). Ένα κυκλικό κτίριο συμβάλλει θετικά καθ'όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του. Από τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη χρήση-λειτουργία και την αποδόμησή του. Όλα αυτά τα στάδια εκτελούνται με ελάχιστες περιβαλλοντικές ή κοινωνικές επιπτώσεις, διατηρούν την αξία των υλικών και τα καθιστά εύκολα για προσαρμοστικότητα ή για μελλοντική χρήση. Η μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία απαιτεί την

ανάπτυξη χρήσης πιο κυκλικών προϊόντων. Έτσι, η βελτιστοποίηση των υλικών που χρησιμοποιούνται εντείνουν την κυκλικότητα του κτιρίου. Συγκεκριμένα, μπορούν να προσδιοριστούν πέντε τρόποι βελτιστοποίησης της χρήσης των δομικών υλικών (Kubbinga, 2018, σελ.15):

- 1. Μείωση της συνολικής ποσότητας των υλικών** που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και συνεπώς της ποσότητας που θα πρέπει να ανακυκλωθεί
- 2. Σχεδιασμός για ανθεκτικότητα**, λαμβάνοντας υπ' όψιν πιθανές αλλαγές στο περιβάλλον ή τις κλιματικές συνθήκες
- 3. Σχεδιασμός για ευέλικτη χρήση**, ώστε το κτίριο και τα στοιχεία του να εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς κατά τη διάρκεια της ζωής του, βελτιστοποιώντας και επεκτείνοντας διάρκεια λειτουργίας του
- 4. Σχεδιασμός για επανασυναρμολόγηση**, διευκόλυνση της αποσυναρμολόγησης και επαναχρησιμοποίησης των δομικών στοιχείων και υλικών

- 5. Μεγιστοποίηση των θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων** κατά την εφαρμογή των παραπάνω τεσσάρων στρατηγικών που βελτιστοποιούν τη χρήση των υλικών.

Σύμφωνα με τους παραπάνω πέντε τρόπους βελτιστοποίησης των δομικών υλικών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα. Πρώτον, όπως έχει ειπωθεί και προηγουμένως, μια αξιολογη στρατηγική για την μείωση των προϊόντων που δημιουργούνται και αυτών που πρέπει να ανακυκλωθούν, είναι εξ αρχής να μην κατασκευάζονται σε τόσο υπέρογκες ποσότητες. Ταυτόχρονα, τα προϊόντα θα πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανθεκτικά σε επικείμενες κλιματικές συνθήκες.

Όσον αφορά την ευελιξία, ή αλλιώς προσαρμοστικότητα του κτιρίου, αυτό μπορεί να σχετίζεται τόσο με τη διαδικασία αρχιτεκτονικής σύνθεσης του χώρου όσο και με τις κατασκευαστικές μεθόδους που εφαρμόζονται σε αυτή. Το κτίριο θα πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο (ευέλικτο) ώστε να μπορεί να εξυπηρετεί τους χρήστες του ποικιλόμορφα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Κατά τον ίδιο τρόπο πρέπει να αντιμετωπίζεται και ο σχεδιασμός για επανασυναρμολόγηση. Ουσιαστικά, το κτίριο πρέπει να σχεδιάζεται με έξυπνο τρόπο ώστε να δύναται η

αποσυναρμολόγηση όλου ή μεμονωμένων στοιχείων του.

Τέλος, για να ολοκληρωθεί η ευλάβεια των αρχών της κυκλικής οικονομίας, το κτίριο πρέπει να σέβεται τον περιβάλλοντα χώρο και να εντάσσεται αρμονικά με το τοπικό οικοσύστημα.

2.6.2. Δομοικολογία

Domicology.

Ο όρος Domicology³ επινοήθηκε από τον Δρ Rex LaMore το 2015 ως μελέτη του δομικού κύκλου ζωής. Εξετάζει τη συνέχεια των σταδίων σχεδιασμού και κατασκευής μέχρι το τέλος της χρήσης, εγκατάλειψης, αποδόμησης και επαναχρησιμοποίησής του. Η παραπάνω μελέτη αναπτύχθηκε το 2017 στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν στις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια του μαθήματος με τίτλο “Μετασχηματισμός του Οικοδομικού Περιβάλλοντος του 21ου αιώνα: Προώθηση της Επιστήμης της Δομοικολογίας”, με αφορμή την πληθώρα εγκαταλελειμμένων δομών στις πόλεις της Αμερικής λόγω των οικονομικών και πληθυσμιακών πτώσεων των τελευταίων δεκαετιών (LaMore, 2017).

3. Ο όρος Domicology προέρχεται από την λατινική λέξη “domus” και μεταφράζεται ως “οίκος της οικολογίας”. Στα ελληνικά, θα μπορούσε να γίνει η παραδοχή της μετάφρασης του όρου σε “Δομοικολογία”.

Το Domicology, είναι ένας νέος τομέας ο οποίος δίνει λόγο σε βιώσιμες τεχνικές όπως η αποδόμηση, η ανακαίνιση και η συντήρηση ιστορικών κτιρίων για την αντιμετώπιση των κοινωνικών και χωρικών διλημμάτων που συνοδεύουν τα εγκαταλελειμμένα κτίρια. Ο Δρ Rex LaMore ορίζει τη Δομοικολογία ως τη “μελέτη των εγκαταλελειμμένων δομών, τακτικών και πρακτικών που οδηγούν στην εγκατάλειψη και τρόπους με τους οποίους μπορούμε να μετριάσουμε τις αρνητικές κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις αυτού” (LaMore, 2017).

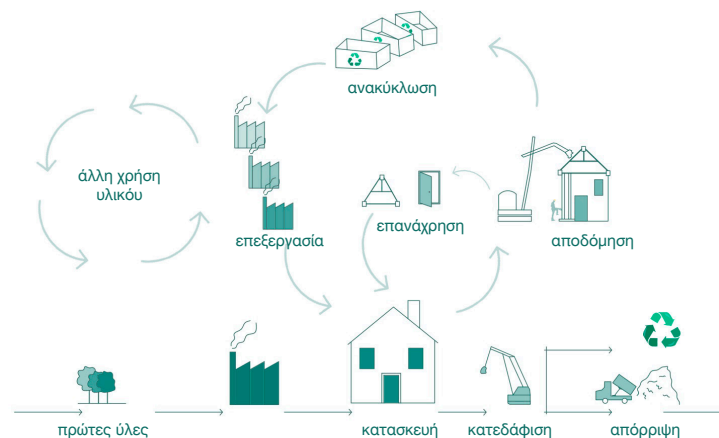
Γίνεται αναθεώρηση των αντιλήψεων για το δομημένο περιβάλλον, από την παραδοσιακή γραμμική πορεία σε ένα κυκλικό σύστημα. Θεωρεί ότι τα στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος θα πρέπει να εκτελούν μια συνεχή, κυκλική ροή με σκοπό στο πέρας της ζωής τους να μην αποτελούν απόβλητα. Πρόκειται λοιπόν, για μια μελέτη η οποία προτείνει μεθόδους εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στον κατασκευαστικό κλάδο. Οραματίζεται μια πόλη όπου κανένα κτίριο δεν θα “πεθαίνει” αλλά, εν αντιθέσει, κάθε δομή μετά το τέλος της χρήσης της, θα μπορεί να αποδομηθεί και να αναγεννηθεί μέσα από την επανάχρηση και την ανακύκλωση των πολύτιμων συστατικών της (LaMore, 2018). Παράλληλα, γνωρίζει τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της στην εκάστοτε

κοινότητα. Υποστηρίζει πως οι σχεδιαστές θα πρέπει να προβλέπουν εξ αρχής το τέλος της κατασκευής και να το σχεδιάζουν λεπτομερώς.

Στην περίπτωση του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, θα πρέπει να εκτιμάται ο τρόπος με τον οποίο τα κτίρια μπορούν να επισκευαστούν ή να αποδομηθούν με βιώσιμο τρόπο, αλλά και το πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η εναπομένουσα διάρκεια ζωής αυτών των μερών σε νέες εφαρμογές. Ενώ πολλά κτίρια αποτελούν απόθεμα πολύτιμων πόρων που διατίθενται για επανάχρηση, το μεγαλύτερο μέρος αυτών χάνει την αξία του κατά τη διαδικασία της κατεδάφισης (LaMore, 2018).

Τόσο η Domicology όσο και η αποδόμηση⁴, οι οποίες είναι σχετικά νέες έννοιες, θα μπορούσαν να βοηθήσουν δραστικά στη μείωση του αριθμού των εγκαταλελειμμένων δομών στις αστικές περιοχές μέσω διαδικασιών φιλικών προς το περιβάλλον. Η πρώτη, επικεντρώνεται στον κύκλο ζωής των κτιρίων, οπότε μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν ένα κτίριο φτάσει στο τέλος της πρώτης χρηστικής ζωής του. Η κατεδάφιση

είναι μια μη βιώσιμη μέθοδος για την απομάκρυνση αποβλήτων C&D και μειώνει κάθε πιθανότητα επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης των υλικών. Ταυτόχρονα, η τυφλή κατεδάφιση ιστορικών οικοδομημάτων μπορεί να προκαλέσει απώλεια σημαντικών στοιχείων της τοπικής ταυτότητας και αρχιτεκτονικού αρχείου (LaMore, 2018).



4. Η αποδόμηση ορίζεται από τον Σύνδεσμο Επαναχρησιμοποίησης Οικοδομικών Υλικών ως «η συστηματική αποσυναρμολόγηση ενός κτιρίου ή των μερών του προκειμένου να ανακτηθεί η μέγιστη οικονομική και περιβαλλοντική αξία των υλικών μέσω επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης». (BMRA, 2018) building materials reuse association [πηγή: <https://domicology.msu.edu/upload/domicology-selectedstudents2018.pdf>]

Εικ 2.8: Δομοικολογία

2.7. Συμπεράσματα

Resumé.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η παύση της περιβαλλοντικής καταστροφής κρίνεται απαραίτητη. Γι' αυτό το λόγο, πρέπει να αλλάξει ο τρόπος που προσεγγίζει κανείς τα πράγματα· τόσο ο άνθρωπος στην καθημερινότητα του, όσο και η βιομηχανία. Μία περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά των καταναλωτών εντάσσεται στις 3 βασικές συνιστώσες των: **Reduce-Reuse-Recycle**. Ο κάθε ένας ξεχωριστά πρέπει να μειώσει τους πόρους που χρησιμοποιεί. Παράλληλα, να μάθει να επαναχρησιμοποιεί προϊόντα αποσκοπώντας στη μείωση περιττών αποβλήτων. Τέλος, να εντάξει την ανακύκλωση στη ζωή του. Για να επιτευχθούν αυτά όμως, πρέπει να υπάρχει μία συνειδητή σκέψη από πίσω.

Αντίστοιχη αντιμετώπιση θα πρέπει να έχει και ο κατασκευαστικός τομέας ο οποίος υπερεκμεταλλεύεται τους εξαντλήσιμους φυσικούς πόρους. Πρέπει και εκείνος με τη σειρά του να υιοθετήσει μία πιο περιβαλλοντική στάση, όπως προτείνουν οι υποστηρικτές του περιβάλλοντος.

Η αντιμετώπιση της «ρύπανσης» σε επιτρεπόμενες δόσεις δεν αντιμετωπίζει ευθέως την αιτία του προβλήματος που είναι ο κακός σχεδιασμός

και οι ατέλειες του σύγχρονου συστήματος κατασκευής. Ταυτόχρονα, στρέφεται εναντίον στην ευρύτερη έννοια της ανθρώπινης ανάπτυξης. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι ένα κτίριο δεν είναι μια σταθερή κατάσταση, αλλά ένα δυναμικό σύστημα που επηρεάζει τον τόπο, το περιβάλλον και τους χρήστες του. Επομένως, ένα κτίριο πρέπει όχι μόνο να είναι παθητικά φιλικό προς το περιβάλλον, αλλά και να συμμετέχει ενεργά στη βελτίωσή του. Με άλλα λόγια, η σύγχρονη αρχιτεκτονική δε θα πρέπει να στοχεύει στο πώς το αρνητικό πρόσημο του οικολογικού της αποτυπώματος θα εκμηδενιστεί, αλλά στο πώς θα μετατραπεί σε θετικό. (Braungart and McDonough, 2008, σελ. 67)

Είναι προφανές λοιπόν, ότι το γραμμικό μοντέλο παραγωγής είναι το κυρίαρχο πρόβλημα. Έτσι, η υιοθέτηση ενός εναλλακτικού μοντέλου, όπως η Κυκλική Οικονομία, κρίνεται απαραίτητη.

*Anyone can admire creation.
Only a barbarian sees the beauty
in demolition.
Kamahl*

Κεφάλαιο

03

Επανασυναρμολόγηση

3.1. Κατεδάφιση Κτιρίου

From birth to death.

Όπως είναι κατανοητό, το τέλος του κύκλου ζωής ενός κτιρίου συνεπάγεται την κατεδάφισή του (demolition). Η κατεδάφιση του κτιρίου ανήκει στο 4^ο στάδιο της Ανάλυσης Ζωής Κτιρίου, διαδεχόμενο την παραγωγή των οικοδομικών υλικών, την κατασκευή του κτιρίου και τη χρήση του.

Ένα κτίριο κατά τη φάση της κατεδάφισής του μπορεί να καταστεί αρκετά ρυπογόνο. Η σκόνη, η οποία παράγεται κατά την κατεδάφιση, μπορεί να είναι χημικά ουδέτερη, αλλά μπορεί να περιέχει περιβαλλοντικές τοξίνες. Τα ρυπογόνα σωματίδια μπορεί να αποτελέσουν πρόβλημα κατά τη φάση κατεδάφισης. Η οργανική χημεία παράγει ένα ευρύ φάσμα συνθετικών ενώσεων που είναι δύσκολο να αποικοδομηθούν στο περιβάλλον. Κάθε υλικό έχει αποτύπωμα πόρου και αποτύπωμα ρύπανσης. Στην οικοδομική βιομηχανία πολλά τρέχοντα προϊόντα και υλικά έχουν χαμηλή αντοχή και χαμηλό δυναμικό ανακύκλωσης. Υπάρχουν κάποια που μπορούν να ανακυκλωθούν πολλαπλές φορές αλλά, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, αυτό γίνεται σπάνια (Berge, 2009, σελ.13).

Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση είναι πιο διαδεδομένες στην Ολλανδία από ό, τι στις περισσότερες άλλες βιομηχανικές χώρες. Η νομοθεσία απαιτεί το 80% των υλικών κατεδάφισης να ανακυκλώνονται σε νέες κατασκευές, είτε σε κτίρια είτε σε άλλα έργα δημόσια, όπως η κατασκευή δρόμων. Κατά την υποβολή προσφορών για συμβάσεις, οι εταιρείες κατεδάφισης πρέπει να δηλώσουν την ποσότητα του υλικού που θα ανακυκλωθεί, μαζί με μια παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο αυτό θα επιτευχθεί. Υπάρχουν παραδείγματα επιτυχημένων έργων κατεδάφισης, όπου έχουν διαχωριστεί διαφορετικά υλικά και προϊόντα και έχει επιτευχθεί επίπεδο ανακύκλωσης έως και 95% (Holte, 2005). Τα κτίρια που κατεδαφίστηκαν είναι συχνά παλαιότεροι τύποι με αρκετά απλή χρήση υλικών. Για τα σύγχρονα κτίρια, είναι αμφίβολο εάν το επίπεδο ανακύκλωσης μπορεί να υπερβαίνει το 70%. Κατά κανόνα, τα σύγχρονα κτίρια περιέχουν μεγαλύτερα τεμάχια προβληματικών, σύνθετων ή επικίνδυνων εξαρτημάτων τα οποία καθιστούν δύσκολη την διαχείρισή και ανακύκλωσή τους (Berge, 2009, σελ.13).

3.2. Ανάλυση του όρου “Θετικός Σχεδιασμός”. Built Positive.

Το Built Positive είναι μία πρωτοβουλία του Ινστιτούτου Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPII). Σύμφωνα με το ίδιο το C2CPII, πρόκειται για «μία πρωτοβουλία για την ενίσχυση της αξίας και της ποιότητας των υλικών και προϊόντων που χρησιμοποιούνται στο δομημένο περιβάλλον και στην κυκλική οικονομία» (Mosa, Built Positive, 2018).

Ένας μελετητής πρέπει να σχεδιάσει με διαφορετικό τρόπο προϊόντα, κτίρια και πόλεις για να γίνει κατανοητή η οικονομική αξία των υλικών που χρησιμοποιούνται καθημερινά στο δομημένο περιβάλλον. Ο έξυπνος σχεδιασμός δεν έχει μόνο οικονομική αξία και θετικές επιπτώσεις στους ανθρώπους και τον πλανήτη (Green grows up, 2017).

Η πρωτοβουλία του Built Positive ακολουθεί τα βήματα των William McDonough και Michael Braungart, συγγραφείς του βιβλίου “Cradle to cradle”. Το Built Positive είναι ένα συν-δημιουργικό κίνημα για την αύξηση του θετικού αντίκτυπου του δομημένου περιβάλλοντος στους ανθρώπους, τον πλανήτη και την οικονομία. Είναι σχεδιασμός με στόχο την κυκλικότητα, την καινοτομία για τη βελτίωση των εισροών και την ποσοτικοποίηση του θετικού αντίκτυπου από το μόριο στη μητρόπολη.

Το Built Positive μπορεί να συμβάλει στην κοινότητα του αιεφόρου σχεδιασμού. Μέσω κυκλικού σχεδιασμού και κυκλικών αλυσίδων αξίας, τα υλικά στα κτίρια διατηρούν την αξία τους, έτσι ώστε να λειτουργούν ως “τράπεζες” πολύτιμων υλικών. Αυτή η αλλαγή επιτρέπει στον κατασκευαστικό τομέα να παράγει λιγότερα απόβλητα, να χρησιμοποιεί λιγότερους παρθένους πόρους (πρωτογενείς α’ ύλες), να επιβραδύνει τη χρήση των πόρων σε ρυθμό που να ανταποκρίνεται στην ικανότητα του πλανήτη και να βελτιώνει την ανθρώπινη υγεία, δημιουργώντας ταυτόχρονα πραγματική αξία για τους ιδιοκτήτες και τους κατοίκους (Green grows up, 2017).

Το κίνημα Built Positive βασίζεται σε έξι βασικές αρχές, οι οποίες είναι οι εξής (Green grows up, 2017):

Εικ 3.1: Αρχές του Built Positive



1. Κυκλική Σχεδίαση (Circular Economy):

Κατάργηση της έννοιας των αποβλήτων μέσω του σχεδιασμού σε όλα τα επίπεδα: υλικό, προϊόν και κτίριο.

2. Υγεία υλικών (Material Health):

Διασφάλιση ποιότητας και διατήρηση της αξίας μέσω της χρήσης υλικών που έχουν πιστοποιηθεί ότι είναι ασφαλή και υγιή για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

3. Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση, επαναχρησιμοποίηση και ανάκτηση (Design for Disassembly, Reuse, and Recovery):

Κτίρια που μπορούν εύκολα να αποικοδομηθούν, έτσι ώστε τα υλικά, τα προϊόντα και τα εξαρτήματά τους να μπορούν να ανακτηθούν εύκολα και η αξία τους να διατηρηθεί.

4. Συνεργασία & Ενσωμάτωση αλυσίδας αξίας (Value Chain Collaboration & Integration):

Η καινοτομία και η επιτάχυνση των κυκλικών λύσεων απαιτεί έγκαιρη και συχνή εμπλοκή της αλυσίδας ανεφοδιασμού, κατασκευαστών υλικών, αρχιτεκτόνων και σχεδιαστών εσωτερικών χώρων, ιδιοκτητών και προγραμματιστών, τραπεζών και χρηματοδοτών.

5. Πραγματοποίηση αξίας (Realizing Value):

Δημιουργία και διατήρηση αξίας για τους κύκλους χρήσης και επαναχρησιμοποίησης ενός προϊόντος ή κτιρίου που επιτρέπονται από την αναγνώριση, τη βελτιστοποίηση, την επαλήθευση και την παρακολούθηση υλικών που έχουν σχεδιαστεί και συναρμολογηθεί προσεκτικά για ολόκληρη την βιωσιμότητα του κτιρίου.

6. Πολιτικές και πρότυπα (Policies and Standards):

Οι κυβερνήσεις μπορούν να επηρεάσουν τις προϋποθέσεις για έναν κυκλικό οικοδομικό τομέα μέσω διαφόρων κινήτρων, πολιτικών, προτύπων και κανονισμών.

3.3. Ανάλυση του όρου “Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση”

Design for Disassembly___ Assembly for Disassembly.

Η αποικοδόμηση διαφέρει πολύ από την κατεδάφιση. Η κατεδάφιση “εξαφανίζει” πλήρως όλα τα στοιχεία που απαρτίζουν ένα κτίριο, εν αντιθέσει με την αποικοδόμηση, η οποία προσπαθεί να διατηρήσει την εγγενή αξία των υλικών και να ξανά δώσει ζωή σε όσα υλικά χρήζουν επαναχρησιμοποίησης.

Το Design for Disassembly (DfD) είναι μια από τις πιο εξέχουσες τεχνικές για τον σχεδιασμό βιώσιμων κτιρίων, από τα οποία δεν θα σχηματιστούν οικοδομικά απόβλητα, αλλά, εάν κατεδαφιστούν σωστά, τα υλικά και τα στοιχεία τους θα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, ή τουλάχιστον να ανακυκλωθούν ή να αποσυντεθούν (Alexandri, 2014, σελ.163).

Οι διαδικασίες αποσυναρμολόγησης σχετίζονται στενά με τις προδιαγραφές σχεδιασμού ενός προϊόντος. Τις τελευταίες δεκαετίες, μια μεγάλη πρόκληση που έχει τραβήξει την προσοχή των ερευνητών είναι ο σχεδιασμός ενός προϊόντος, έτσι ώστε να μπορεί να αποσυναρμολογηθεί εύκολα. Αν και η αποσυναρμολόγηση πραγματοποιείται στο τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος, ο σχεδιασμός του πρέπει να ενσωματωθεί ήδη από το **αρχικό στάδιο του σχεδιασμού** ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία της (**Design for Disassembly**). Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση θα μπορούσε να βοηθήσει στη δημιουργία ενός προϊόντος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει ένα υψηλό ποσοστό επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης (Zhang et al. 1997). Συχνά, η αποσυναρμολόγηση ενός προϊόντος συνεπάγεται σημαντικό κόστος χειρωνακτικής εργασίας λόγω του ανεπαρκούς σχεδιασμού αποσυναρμολόγησης πολλών προϊόντων (Dufloy, Willems και Dewulf, 2006).



Εικ 3.2: Λεπτομέρεια DfD Νο1

Ο "Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση", είναι η 3^η από τις 6 βασικές αρχές του κινήματος Built Positive. Είναι μια ιδέα στην οποία τα κτίρια και τα προϊόντα σχεδιάζονται εξ αρχής για ανάκτηση υλικού, διατήρηση αξίας και ουσιαστική επόμενη χρήση. Με άλλα λόγια, πώς μπορεί το κτίριο και όλα τα μέρη και τα κομμάτια του να επαναχρησιμοποιηθούν στο τέλος της πρώτης χρήσιμης ζωής του.

Ο DfD μεγιστοποιεί τη διατήρηση των υλικών από ένα κτίριο που κρίνεται πλέον ακατάλληλο για επανάχρηση όσον αφορά στη χρήση του, και εκμηδενίζει τα απόβλητα της κατασκευής μετά το τέλος της ζωής του (Guy and Ciarimboli, 2005, σελ.5)

Επιδιώκει, δηλαδή, τη μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της εμπειροχόμενης ενέργειας και δυναμικής των υλικών που το απαρτίζουν (Σκαμαγκούλη, 2013, σελ. 36), ενώ παράλληλα επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του κτιρίου διευκολύνοντας τη συντήρησή του. Εκτός από τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κτιρίου, ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση συμβάλει στη μείωση του κόστους κατασκευής (Σκαμαγκούλη, 2013, σελ. 39) και ταυτόχρονα, δημιουργεί νέες θέσεις απασχόλησης.

Κατά τον σχεδιασμό ενός βιώσιμου κτιρίου, πρέπει να λάβει κάποιος υπ' όψιν ότι σε μερικά χρόνια θα κατεδαφιστεί. Συνεπώς, τα υλικά πρέπει να συναρμολογούνται με τέτοιο τρόπο ώστε το κτίριο να αποσυναρμολογείται εύκολα και πρακτικά, με σκοπό τα αντικείμενα του να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή τουλάχιστον να ανακυκλωθούν σε άλλα κτίρια ή προϊόντα. Έτσι, τα ξεχωριστά στρώματα του κτιρίου πρέπει να διαχωριστούν τεχνικά (π.χ. σωληνώσεις διαχωρισμένοι από τοίχους). Κάθε στρώμα πρέπει να αποσυναρμολογείται εύκολα με απλή μηχανική κίνηση και να χρησιμοποιούνται τυποποιημένα, μονοϋλικά εξαρτήματα, έτσι ώστε να ενθαρρύνεται η επαναχρησιμοποίηση (Alexandri, 2014, σελ.164). Καθοριστικός παράγοντας, για την υλοποίηση του σχεδιασμού, είναι η υιοθέτηση ενός συστήματος δόμησης, που επιτρέπει την επισκεψιμότητα και την προσβασιμότητα όλων των στοιχείων της κατασκευής.

Όσο πιο ελεύθερες είναι οι κατόψεις και όσο πιο απλός είναι ο κάναβος, τόσο πιο εύκολη θα είναι η αποσυναρμολόγηση και η επανάχρηση του κτιρίου για τις ίδιες ή άλλες χρήσεις. Επιπλέον, ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των διαφορετικών υλικών και στοιχείων, τόσο πιο εύκολος θα είναι στο τέλος ο διαχωρισμός τους για την ανακύκλωση και επανάχρησή τους. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική είναι η αλφαριθμηση όλων των χρησιμοποιούμενων μελών στο κτίριο, προκειμένου να διευκολύνεται η μετέπειτα αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγησή τους στη σωστή θέση, με τη σωστή σειρά (Αντωνοδημητρακάκη, 2016, σελ.49).

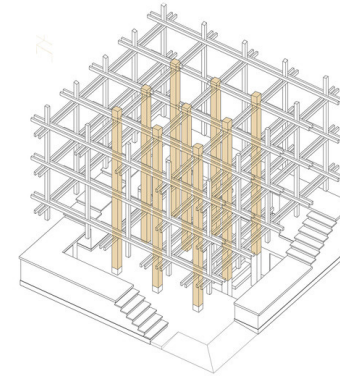
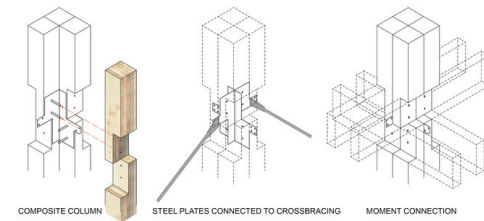
Με αυτόν τον τρόπο, οι κατασκευές DfD μπορούν εύκολα να διαχωριστούν σε πανομοιότυπα συστατικά και υλικά κατά την κατεδάφιση, έτοιμα ως χρήσιμα υλικά σε άλλη κατασκευή, ώστε να μην συσσωρεύονται στα αστικά απόβλητα (Alexandri, 2014, σελ.164). Ωστόσο, υπάρχει **διαφορά** μεταξύ των υλικών που μπορούν να **ανακυκλωθούν** και αυτών που μπορούν να **επαναχρησιμοποιηθούν**. Για παράδειγμα, κουφώματα (μεταλλικά και ξύλινα), σωληνώσεις, καλωδιώσεις, κιγκλιδώματα κ.λπ, μπορούν να ανακυκλωθούν ενώ, κεραμίδια, ξυλεία στέγης, ξυλεία πατωμάτων κ.ά, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν (Αντωνοδημητρακάκη, 2016, σελ.51).

Για την επίτευξη των στόχων αυτών, απαιτείται εξαιρετικός προγραμματισμός και λεπτομερής οργάνωση. Τα σχέδια του κτιρίου που προκύπτουν, εμπεριέχουν όχι μόνο τις πληροφορίες κατασκευής και ανέγερσης, αλλά και τις απαραίτητες πληροφορίες για τη:

1. συντήρηση
2. λειτουργία
3. αντικατάσταση
4. ανακαίνιση και
5. τελική αποσυναρμολόγησή του για να χρησιμοποιηθούν τα υλικά του στα επόμενα κτίρια.

Η αποσυναρμολόγηση παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς μπορεί να εκτελεστεί για διαφορετικούς σκοπούς, όπως η εκτέλεση **προληπτικής** συντήρησης (αντικατάσταση εξαρτήματος που δεν έχει ακόμη αποτύχει), **διορθωτικής** συντήρησης (αντικατάσταση ή επισκευή ελαττωματικού εξαρτήματος) ή **ανακύκλωση** του υλικού των εξαρτημάτων που δεν μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν (Kroll, 1999, σελ.191-200).

Heύκολη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση, ωστόσο, δεν συμβαδίζει. Μερικά από τα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά το στάδιο του σχεδιασμού περιλαμβάνουν (Zhang et al., 1997, Agrawal et al., 2013) :



Εικ 3.3: Λεπτομέρεια DfD No2

1. ευκολία διαχωρισμού
2. καλύτερη και βελτιωμένη στερέωση, ώστε να αποφευχθεί η μόνιμη ενσωμάτωση (κόλλες, κλπ.)
3. αρθρωτό σχεδιασμό για ευκολία στο χειρισμό και
4. ελαχιστοποίηση της ποικιλίας των υλικών που χρησιμοποιούνται.

3.4. Ιεράρχηση αρχών σχεδιασμού.

Κλίμακα Delft Ladder.

Η κλίμακα “Delft Ladder” είναι μία κλίμακα ιεράρχησης των μεθόδων διαχείρισης υλικών προκειμένου να ενισχυθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ένας κλειστός κύκλος των προϊόντων στον οικοδομικό τομέα. Οι μέθοδοι διαχείρισης ιεραρχούνται, από την καλύτερη στη χειρότερη, ως εξής (Hendriks, 2001) :

1. Πρόληψη

Ο μελετητής από την πρώτη φάση σχεδιασμού θα πρέπει να λάβει υπ’ όψιν του ήδη από τη φάση του σχεδιασμού, κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, ώστε ο τρόπος δόμησης που θα υιοθετηθεί να αποφεύγει την μελλοντική δημιουργία αποβλήτων. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο τοποθετείται και ο σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση που αναλύθηκε πιο πάνω.

2. Επανάχρηση κτιρίου

Με την επανάχρηση, επιδιώκεται η επιμήκυνση της χρηστικής ζωής ενός κτιρίου. Αυτό μπορεί να συμβεί με την ανακαίνιση, την αποκατάσταση και τον εκσυγχρονισμό ολόκληρου του κελύφους, ή και των επιμέρους τμημάτων ή/και στοιχείων του.

3. Επανάχρηση στοιχείων

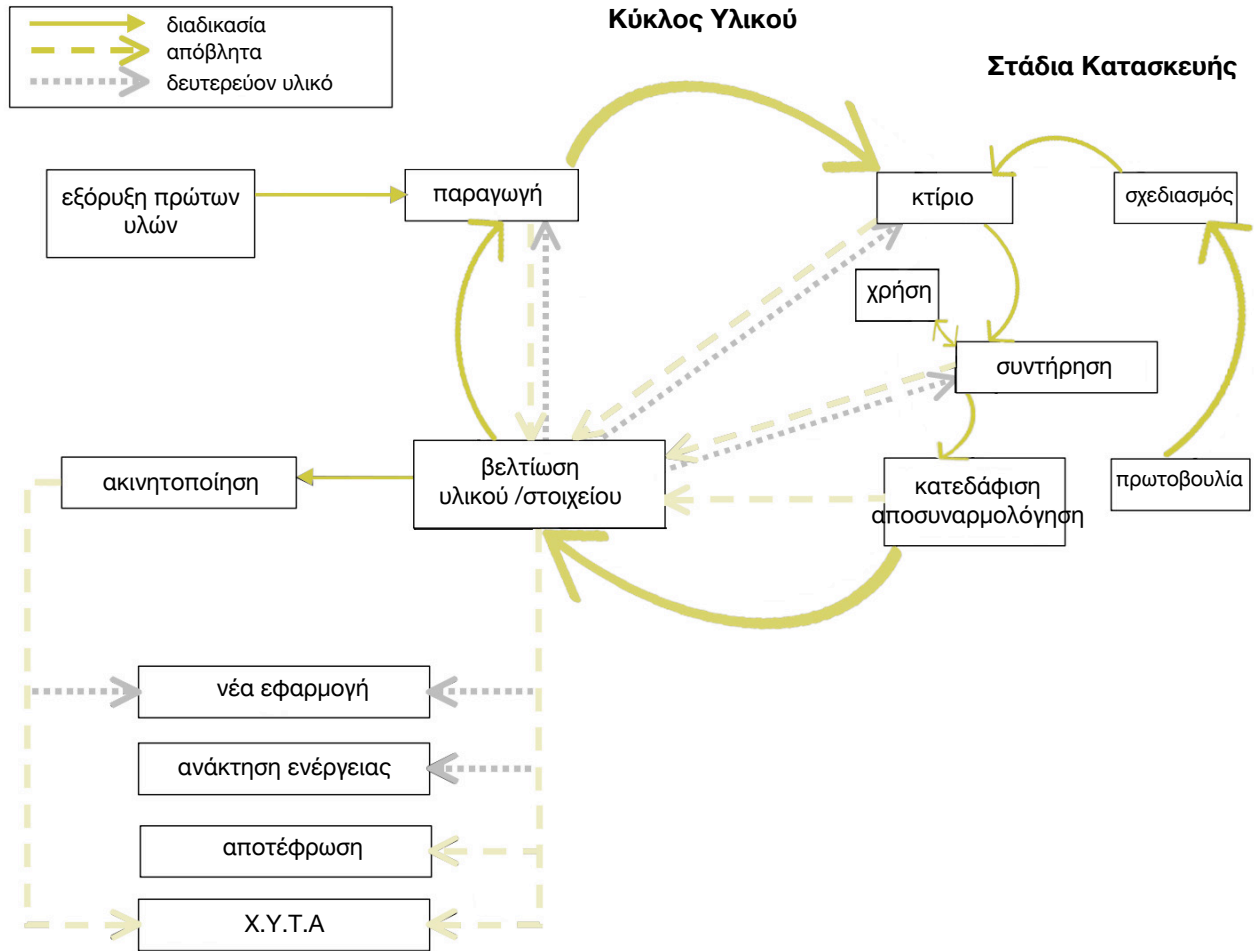
Αν η επιμήκυνση της χρηστικής ζωής ενός κτιρίου δεν μπορεί να επιτευχθεί, τότε επιδιώκεται η ανάκτηση στοιχείων του με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους, διατηρώντας εκείνα που είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ακέραια. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως αποδόμηση ολόκληρου του κτιρίου και επιλογή στοιχείων για επανάχρηση ή ορισμένων μελών του όπως οι όψεις του, τα δομικά του στοιχεία, τα κουφώματά του κ.λπ.

4. Επανάχρηση υλικών

Πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια και για την επανάχρηση των επιμέρους υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στο προς απόσυρση κτίριο διατηρώντας και σε αυτήν την περίπτωση, όσο το δυνατόν περισσότερο ακέραια την υπόστασή τους.

5. Ωφέλιμη νέα εφαρμογή στοιχείων και υλικών

Τα στοιχεία και τα υλικά που έχουν χάσει πια τη δυνατότητά τους να επαναχρησιμοποιηθούν αυτούσια σε μια κατασκευή οδηγούνται στην ανακύκλωση και μετατρέπονται σε νέα υλικά, τα οποία μπορούν να επανενταχθούν στον τομέα της κατασκευής ή σε άλλους τομείς.



Διάγραμμα 3.1: Κλίμακα Delft Ladder στον τομέα της κατασκευής

6. Καύση / Αποτέφρωση υλικών

Τα υλικά που δεν μπορούν να ενταχθούν σε κάποια από τις προηγούμενες διαδικασίες, αποτεφρώνονται με στόχο την πλήρη ή μερική ανάκτηση της εμπεριεχόμενης ενέργειάς τους.

7. Απόρριψη σε χωματερή

Ως τελευταία λύση ιεραρχείται η απόρριψη υλικών σε χωματερές. Αυτό αφορά σε υλικά που περνώντας αρκετές φορές από τις προηγούμενες διαδικασίες, έχουν υποβαθμιστεί τόσο πολύ ποιοτικά που έχουν εξαντλήσει τις πιθανότητες επανένταξής τους σε κάποιον από τους προηγούμενους βρόγχους.

3.5. Κατεδάφιση VS Αποδόμηση.

Demolition VS Deconstruction.

Ένας απλός τρόπος για να κατανοηθεί η έννοια των δύο αυτών λέξεων είναι διαμέσου της ετυμολογίας τους.

“**Κατεδάφιση**” σημαίνει η ενέργεια του κατεδαφίζω, σκόπιμο γκρέμισμα ή ολοσχερής καταστροφή. Με αυτό τον τρόπο τα δομικά στοιχεία κρίνονται ακατάλληλα για ανακύκλωση και προορίζονται στην υγειονομική ταφή.

“**Αποδόμηση**” σημαίνει απομάκρυνση των δομικών στοιχείων του κτιρίου (αποσυναρμολόγηση) με στόχο τη μεγιστοποίηση του δυναμικού ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης των εξαρτημάτων του (European Commission, 2018, Building deconstruction, 2001). Η αποδόμηση αλλιώς, μπορεί να αναφερθεί και ως “επιλεκτική κατεδάφιση”.

Όσον αφορά τη **διαδικασία**, στην κατεδάφιση χρησιμοποιείται μηχανολογικός εξοπλισμός για να κατεδαφιστεί ένα κτίριο, μετατρέποντας υλικά με πιθανή αξία μεταπώλησης σε μικτά συντρίμια που προορίζονται για υγειονομική ταφή. Από την άλλη, η αποδόμηση απαιτεί εργατικό δυναμικό και μερικές φορές μηχανικό εξοπλισμό, σε κάποιο βαθμό, για την αποσυναρμολόγηση κτιρίων και τη διάσωση δομικών στοιχείων, πρωτίστως για επαναχρησιμοποίηση και κατά δεύτερον για ανακύκλωση (Building deconstruction, 2001). Επίσης, η κατεδάφιση είναι μία πιο γρήγορη λύση, καθώς διαρκεί μονάχα λίγες ημέρες, σε αντίθεση με την αποδόμηση η οποία διαρκεί μερικές εβδομάδες.

Ταυτόχρονα, δημιουργούνται κάποια ερωτήματα (Building deconstruction, 2001):



Εικ 3.4: Κατεδάφιση κτιρίου με χρήση εκρηκτικών

Χρόνος vs Απασχόληση. Η αποδόμηση διαρκεί περισσότερο επειδή είναι μια διαδικασία εντατικής εργασίας, αλλά δημιουργεί περισσότερες ευκαιρίες απασχόλησης από την κατεδάφιση. Εάν εισαχθεί στη νομοθεσία μια υποχρεωτική περίοδος αναμονής μεταξύ της χορήγησης αδειών κατεδάφισης και της έναρξης νέας κατασκευής, το τρέχον πλεονέκτημα θα αφαιρεθεί από την κατεδάφιση.

Εργασία vs Διάσωση. Το κύριο κόστος της αποδόμησης είναι η εργασία. Μπορεί να αντισταθμιστεί από τη μεταπώληση περισυλλεγμένων υλικών. Αυτή η σχέση, ωστόσο, εξαρτάται από θέματα όπως η κατάσταση των αγορών δευτερογενών υλικών και οι αντιλήψεις του κοινού για δευτερογενή υλικά.

Απόρριψη vs Εκτροπή. Τα περιβαλλοντικά οφέλη της εκτροπής αποβλήτων από χώρους υγειονομικής ταφής είναι σημαντικά και πρέπει να περιλαμβάνονται στις εκτιμήσεις κτιρίων.

Αποφευχθέν κόστος vs Δαπάνες. Η αποδόμηση αποτελεί την ευκαιρία να αποφευχθούν τα έξοδα μεταφοράς και διάθεσης αποβλήτων C&D, καθώς και το κόστος προμήθειας παρθένων υλικών από πρωτογενείς / παρθένες πρώτες ύλες.

3.6. Συσχετισμός με το παιχνίδι LEGO

Η θεωρία του DfD, πέραν από την εφαρμογή της στον κατασκευαστικό τομέα, μπορεί να εφαρμοστεί σε ποικίλα προϊόντα μικρότερης κλίμακας όπως, laptops/PCs, αυτοκίνητα, έπιπλα κλπ. Εάν το αναλογιστούμε, θα συνειδητοποιήσει κανείς ότι ασχολείται με τη διαδικασία της συναρμολόγησης/αποσυναρμολόγησης ήδη από τα βρεφικά του χρόνια. Ένα μεγάλο ποσοστό ανθρώπων, κατά την παιδική ηλικία απασχολείται με το γνωστό παιχνίδι LEGO®. Το συγκεκριμένο παιχνίδι έχει παρόμοια νοοτροπία με εκείνη της ADISA. Ουσιαστικά, ένα παιδί έπρεπε να συναρμολογήσει ένα κατασκεύασμα χρησιμοποιώντας τα τουβλάκια που είχε στη διάθεσή του. Όταν όμως ήθελε να αλλάξει τη μορφή που είχε δημιουργήσει, έβγαζε/αποσυναρμολογούσε το τουβλάκι που δεν χρειαζόταν πλέον και το αντικαταστάσε με κάποιο εφεδρικό. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιούσε - επαναχρησιμοποιούσε τα κομμάτια εκείνα τα οποία διατηρούνταν σε καλύτερη κατάσταση. Με αυτόν τον τρόπο, τίποτα δεν θεωρείτο απόβλητο και η αξία-ποιότητα διασφαλιζόταν.



Εικ 3.5: Συναρμολόγηση Ακρόπολης από LEGO

3.7. Συμπεράσματα

Resumé.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, η νοοτροπία του Design/Assembly for Disassembly είναι το μέλλον στον κατασκευαστικό τομέα. Ο αρχιτέκτονας ζητείται να σχεδιάσει εξ αρχής ένα κτίριο για το οποίο, μετά το πέρας του πρώτου κύκλου ζωής του, θα έχει ήδη σκεφτεί πώς θα αποσυναρμολογηθούν τα τμήματά του και βεβαίως, πώς και πού θα επαναχρησιμοποιηθούν. Για αυτόν τον λόγο, ο αρχιτέκτονας θα πρέπει να γνωρίζει πολύ καλά όλη τη διαδικασία κατασκευής του κτιρίου που σχεδιάζει, έτσι ώστε να είναι σε θέση να γνωρίζει λεπτομερώς όλη την κατασκευαστική δομή/συναρμολόγηση αυτού. Με αυτόν τον τρόπο, όταν έρθει η κατάλληλη στιγμή, η αποδόμηση της κατασκευής θα είναι τόσο εύκολη όσο αυτή μιας κατασκευής LEGO. Παράλληλα, τα ίδια τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι κατάλληλα, τόσο για αποσυναρμολόγηση, όσο και για ανακύκλωση/επανάχρηση. Έτσι, θα πρέπει να μην περιέχουν τοξικές ουσίες και να είναι υψηλής ποιότητας και αντοχής.

Η σημασία της αποσυναρμολόγησης έχει αυξηθεί με την πάροδο των ετών λόγω των οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών που αποφέρει. Ο στόχος της είναι σαφής: η εκκίνηση μιας νέας βιομηχανικής επανάστασης που διασφαλίζει την παραγωγή και την κατασκευή με

θετικό αντίκτυπο στην κοινωνία, την οικονομία και τον πλανήτη. Εκτός από την εξασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος για τις επόμενες γενιές και την αύξηση της συνολικής περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, το Built Positive παρέχει σημαντικά οφέλη για τους αρχιτέκτονες. Η προστιθέμενη αξία του Built Positive έγκειται στο να μεταβεί η αρχιτεκτονική πρακτική στο επόμενο επίπεδο. Επιλέγοντας πιστοποιημένα πράσινα οικοδομικά υλικά μέσω προσεκτικών, περιβαλλοντικών στρατηγικών σχεδιασμού, οι αρχιτέκτονες μπορούν να σχεδιάσουν μελλοντικά κτίρια που δημιουργούν επιχειρηματική αξία (Mosa, Built Positive, 2018).

Επομένως, ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποκατάσταση και επαναχρησιμοποίηση των μερών και των εξαρτημάτων ενός προϊόντος όσο το δυνατόν περισσότερο. Το DfD, καθώς και ο Σχεδιασμός για το Περιβάλλον, τη Συναρμολόγηση, τη Δομή, την Επαναχρησιμοποίηση και την Ανακύκλωση, βασίζεται στην ιδέα ότι όλα τα προβλήματα που ενυπάρχουν στον κτιριακό τομέα πρέπει να προσεγγιστούν σε επίπεδο σχεδιασμού. Σύμφωνα με τον Larson, τα πράγματα είναι μίας χρήσης, επειδή έχουν σχεδιαστεί με αυτόν τον τρόπο. “Το μόνο που χρειάζεται να γίνει για να απαλλαγούμε από τα απόβλητα, προφανώς, είναι να τα σχεδιάσουμε πέραν του συνηθισμένου” (Barkume, 2008).

Κεφάλαιο

04

*Do not dismantle the house, but look
at each brick, and replace those which
appear to be broken , which no longer
support the structure.
Neale Donald Walsch*

Στρατηγικές
αποσυναρμολόγησης

4.1. Ευπροσάρμοστα κτίρια

Εάν κάποιος επιθυμεί να μειώσει τη χρήση των πόρων στις κατασκευές, θα πρέπει να αναρωτηθεί: “Πρέπει πραγματικά να χτιστεί;”. Ωστόσο, σπάνια εκτιμώνται τα μέρη που σχετίζονται στις διαδικασίες σχεδιασμού. Το δεύτερο ερώτημα είναι “Πώς μπορεί να μειωθεί η ανάγκη υλικών;” (Berge, 2009, σελ.8).

Από το 1960, ο χώρος που χρησιμοποιεί ένα άτομο έχει διπλασιαστεί στο δυτικό κόσμο. Ο καθένας χρειάζεται περίπου 40 έως 50 τετραγωνικά μέτρα κατοικίας. Κατά προσέγγιση, αυτό σημαίνει ότι απαιτείται η διπλάσια κατανάλωση υλικών. Ταυτόχρονα, τόσο η στέγαση όσο και οι άλλοι τύποι κτιρίων έχουν γίνει πιο εξειδικευμένα, προσαρμοσμένα και βελτιστοποιημένα για συγκεκριμένες λειτουργίες. Στις περισσότερες περιπτώσεις συνεπάγεται η μείωση της ευελιξίας και της προσαρμοστικότητάς τους (Berge, 2009, σελ.8).

Αυτή η αμετάβλητη προσέγγιση, σε μια κοινωνία που χαρακτηρίζεται από γρήγορες αλλαγές, τόσο στα κοινωνικά πρότυπα, όσο και στην τεχνολογία, σημαίνει ότι πολλές φορές, τα κτίρια κατεδαφίζονται πολύ πριν τελειώσει η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής τους. Οι αρχικές προβλέψεις διάρκειας ζωής (service life predictions) είναι συχνά λανθασμένες. Στη Σουηδία, το 25%

των κτιρίων που κατεδαφίστηκαν από το 1980 ήταν ηλικίας κάτω των 30 ετών (Thormark, 2007). Στο Τόκιο, σε περιόδους υψηλής οικονομικής δραστηριότητας, η μέση διάρκεια ζωής ενός κτιρίου ήταν 17 χρόνια (Brand, 1994). Οι αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές θα κάνουν αυτή την εικόνα ακόμα χειρότερη. Μπορεί να προκύψουν ορισμένα προβλήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής, όπως για παράδειγμα η εγκατάλειψη εκτάσεων γης λόγω της αύξησης της στάθμης της θάλασσας καθώς και των αυξημένων κινδύνων πλημμύρας και κατολισθήσεων. Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να αυξήσουν την ανάγκη για ηλιακή σκίαση, τεχνολογία ψύξης και μέτρα προστασίας εντόμων τα οποία απαιτούν τροποποιήσεις στις υπάρχουσες κατασκευές. Η αυξημένη βροχόπτωση ή οι συχνότερες μεταβολές θερμοκρασίας μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε επιταχυνόμενη αποσύνθεση των υλικών της επιδερμίδας ενός κτιρίου (Berge, 2009, σελ.8).

Ένας τρόπος επίλυσης των παραπάνω προβλημάτων είναι κτίρια που έχουν αυξημένη **προσαρμοστική ικανότητα**. Αυτό αφορά όχι μόνο τα τεχνικά συστήματα, αλλά και τις πτυχές σχεδιασμού, όπου πρέπει να αντιμετωπιστούν οι ακόλουθες αρχές (Berge, 2009, σελ.8):

- **Γενικότητα/Αφαιρετικότητα:** χώροι που επιτρέπουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων
- **Ευελιξία:** κτίρια που επιτρέπουν εύκολη αλλαγή στην κάτοψη όπως και σε τεχνικά συστήματα
- **Ελαστικότητα:** σχέδια που επιτρέπουν επέκταση καθώς και συστολή των κτιρίων. Η πολύ έντονη ελαστικότητα υποδηλώνει κτίρια με μικρή διάρκεια ζωής, περίπου 10-15 ετών, που μπορούν εύκολα να αποσυναρμολογηθούν, να επαναπρογραμματιστούν και να επανασυναρμολογηθούν.

Όλα τα παραπάνω απαιτούν καινοτόμες και κατάλληλες μεθόδους σχεδιασμού και κατασκευής, ώστε να επιτρέπεται η αλλαγή και η αποφυγή εκτεταμένων απορριμμάτων που συνήθως συνδέονται με την τροποποίηση και την κατεδάφιση των κτιρίων. Έχει εκτιμηθεί ότι τέτοιες λύσεις μπορούν να αυξήσουν την πραγματική διάρκεια ζωής των κτιρίων (Kram, 2001). Η βελτιστοποίηση των κτιρίων με αυτόν τον τρόπο μειώνει επίσης τις συνολικές ανάγκες χώρου και συνεπώς την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και αερισμό (Berge, 2009, σελ.9).

4.2. Αρχές ευπροσάρμοστου κτιρίου (adaptive buildings)

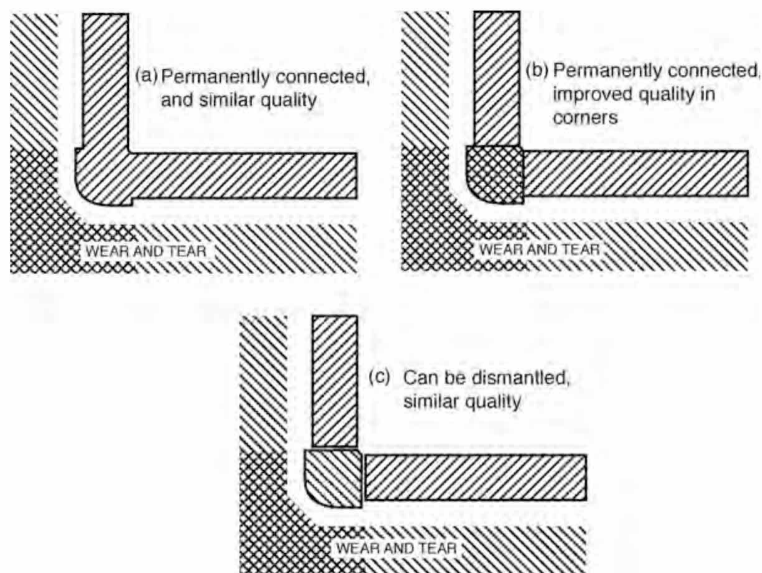
Μια αξιοσημείωτη επιλογή πιο περιβαλλοντικά φιλική είναι ένα κτίριο με υψηλή προσαρμοστική ικανότητα, σχεδιασμένο για εύκολη συντήρηση, αποσυναρμολόγηση και επαναχρησιμοποίηση της δομής και των εξαρτημάτων. Οι βασικές αρχές είναι οι παρακάτω (Berge, 2009, σελ.15):

1η αρχή: διαφορετικά στρώματα

Ένα κτίριο αποτελείται από πολλά παράλληλα στρώματα (**layers**): εσωτερικό, χωρικός σχεδιασμός (σχέδιο κάτοψης), εγκαταστάσεις, φέρων οργανισμός, επιδερμίδα (επένδυση) και τοποθεσία. Ο φέρων οργανισμός διαρκεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου, περίπου 50 χρόνια στη Νορβηγία και τη Βρετανία και περίπου 35 χρόνια στις ΗΠΑ (Duffy, 1990). Αντίθετα, το σχέδιο της κάτοψης, οι υπηρεσίες κ.λπ. ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στα σύγχρονα κτίρια τα διαφορετικά στρώματα συχνά ενσωματώνονται σε μία μόνο δομή. Αρχικά, αυτό μπορεί να φαίνεται αποδοτικό, αλλά η ροή στους μακροπρόθεσμους κύκλους θα παρεμποδίσει τους βραχυπρόθεσμους, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι να κατεδαφίσουν τους βραδύτερους κύκλους μέσω της

συνεχούς αλλαγής. Για παράδειγμα, είναι φυσιολογικό να γκρεμίζονται κτίρια των οποίων οι εγκαταστάσεις είναι ενσωματωμένες στη δομή και πρέπει να συντηρούνται.

Χρειάζεται μια ομαλή μετάβαση μεταξύ των στρωμάτων, η οποία θα πρέπει να διαχωριστεί τεχνικά. Τα υλικά θα πρέπει να είναι το καθένα ξεχωριστά προσβάσιμο ανά πάσα στιγμή. Αυτή είναι μια θεμελιώδης αρχή για αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση, τόσο ολόκληρων κτιριακών μονάδων, όσο και μεμονωμένων εξαρτημάτων.



Διάγραμμα 4.1: Τρεις κατασκευαστικές επιλογές για μια γωνία

2η αρχή: Δυνατότητα αποσυναρμολόγησης σε κάθε στρώμα

Μεμονωμένα εξαρτήματα σε κάθε στρώμα τα οποία πρέπει να αποσυναρμολογούνται εύκολα. Το **Διάγραμμα 4.1** δείχνει τρεις διαφορετικές αρχές για τη συναρμολόγηση επένδυσης τοίχου σε μια γωνία. Η διαγράμμιση δείχνει πού είναι η μεγαλύτερη μηχανική φθορά, από τους ανθρώπους, τα έπιπλα, τον άνεμο και τον καιρό. Η πιο συνήθης επιλογή είναι η πρώτη λύση **(α)**, όπου όλα τα μέρη είναι παρόμοιας ποιότητας και είναι μόνιμα συνδεδεμένα. Όταν η γωνία είναι φθαρμένη, επηρεάζεται ολόκληρη η δομή. Σε πολλά ακριβά δημόσια κτίρια, επιλέγεται η λύση **(β)**. Αυξάνοντας την ποιότητα των πιο εκτεθειμένων εξαρτημάτων, ολόκληρη η δομή θα έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Αυτή είναι συνήθως μια ακριβή λύση και κάνει αλλαγές στο σχέδιο της κάτοψης. Στη λύση **(γ)**, τα εξαρτήματα που φθείρονται πιο εύκολα μπορούν να αντικατασταθούν ξεχωριστά. Το χρησιμοποιημένο συστατικό μπορεί ακόμη και να επαναχρησιμοποιηθεί κάπου αλλού, ή μπορεί να σταλεί για ανακύκλωση υλικών ή ενέργειας.

3η αρχή: Χρήση τυποποιημένων μονο-υλικών συστατικών

Πριν από την επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η ποιότητά τους. Αυτό συχνά παρουσιάζει προβλήματα. Πολλά δομικά στοιχεία αποτελούνται από διαφορετικά υλικά που συνδυάζονται μαζί, γεγονός που καθιστά την επαναχρησιμοποίησή τους δύσκολη. Ο διαφορετικός ρυθμός σήψης ενός προϊόντος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα από τα υλικά να αποσυντεθεί εν μέρει ενώ τα άλλα βρίσκονται ακόμη σε καλή κατάσταση. Αυτό το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο σε μεγάλα, προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία όπου η επένδυση, η μόνωση και η κατασκευή ενσωματώνονται σε ένα μόνο στοιχείο.

Για επαναχρησιμοποιήσιμες κατασκευές πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο τα λεγόμενα πρωτογενή και δευτερογενή μονοϋλικά. Το ξύλο είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα μονοϋλικού προϊόντος καθώς είναι ένα απλό ομοιογενές υλικό που χρησιμοποιείται στη φυσική του κατάσταση και δεν έχει υποστεί επεξεργασία. Ένα δευτερεύον μονοϋλικό είναι ένα μικτό υλικό ομοιογενούς φύσης, π.χ. σκυρόδεμα, γυαλί ή κυτταρίνη. Χρησιμοποιώντας μόνο μονοϋλικά, είναι συνήθως εύκολο να ελεγχθεί η ποιότητά του για επαναχρησιμοποίηση. Αυτό καθίσταται πιο εύκολο αν τα

υλικά παρέχονται με κωδικό αναγνώρισης παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τον τύπο και την εφαρμογή.

Ακόμα κι αν τα προϊόντα επαναχρησιμοποίησης ελέγχονται διεξοδικά, ενδέχεται να μην προτιμώνται από τους αγοραστές εξαιτίας του σχήματος των εξαρτημάτων τα οποία μπορεί να είναι ασυνήθιστα και συνεπώς δύσκολα στην εφαρμογή. Έτσι, όλη αυτή η στρατηγική μπορεί γρήγορα να γίνει ενεργειακό πρόβλημα.

4.3. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα κτίριο

Κάθε δομικό στοιχείο έχει διαφορετική διάρκεια ζωής. Αυτή η βασική προϋπόθεση είναι το θεμέλιο για την απεικόνιση του Stewart Brand “Layers of Change”, που παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 5.2 (Barkkume, 2008).

Σε κάθε “S”, ή στρώμα (layer), έχει προσκολληθεί σε αυτό μια συγκεκριμένη διάρκεια ζωής που διαφέρει από τα άλλα επίπεδα. Για παράδειγμα, μια τυπική στέγη (επιδερμίδα), διαρκεί 15-25 χρόνια, ενώ ένας ξύλινος φέρων οργανισμός μπορεί να διαρκέσει 60-200 χρόνια.

Η ένωση αυτών των “layers” με τρόπο που καθιστά δύσκολο τον διαχωρισμό τους, θα συντόμευε τη διάρκεια ζωής της δομής, όταν έρθει η ώρα να τοποθετηθεί ξανά η οροφή. Σαφώς, αυτή η πρακτική

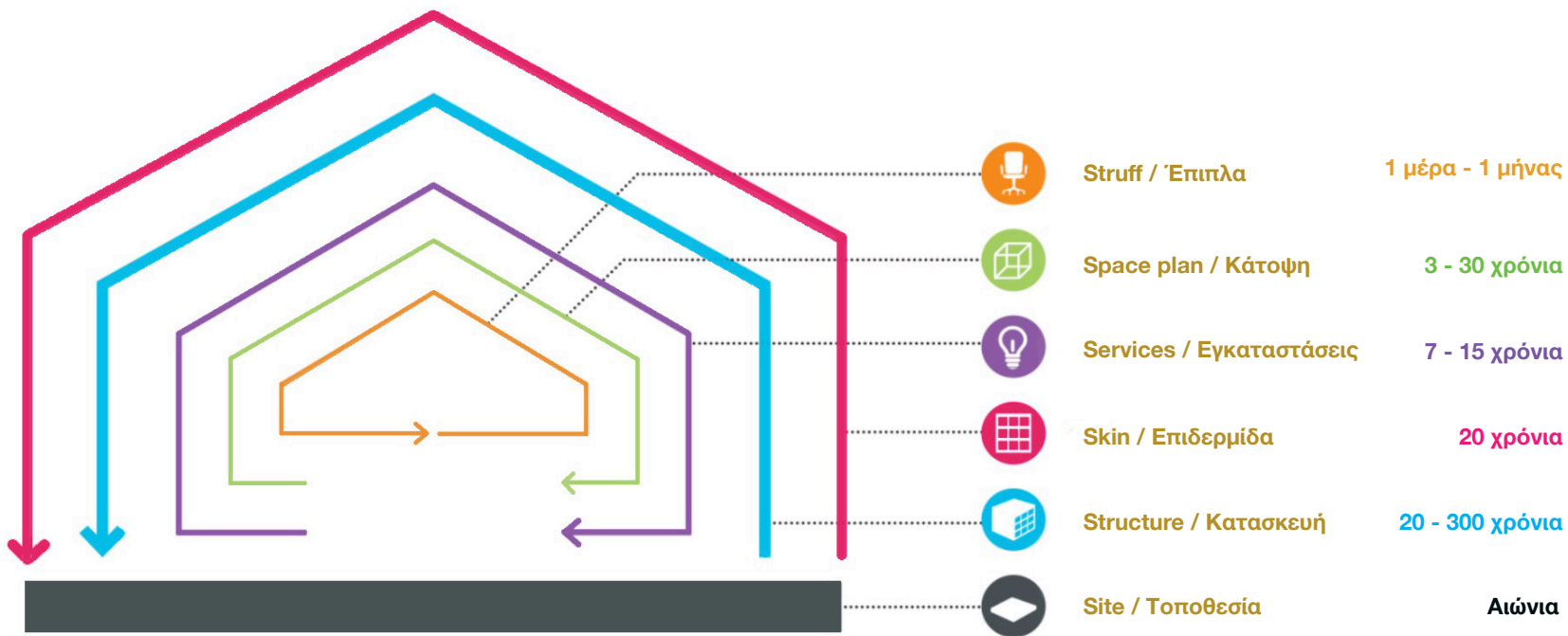
δεν είναι συνηθισμένη, αλλά από την άλλη, η πρόσβαση σε η/μ εγκαταστάσεις, μερικές φορές καθίσταται δύσκολη. Τα συστήματα HVAC¹, τα οποία ενδέχεται να χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 5-30 χρόνια, μπορεί να οδηγήσουν στην κατεδάφιση ολόκληρου του κτιρίου, εάν είναι τόσο περίπλοκα στη δομή. Η σχέση μεταξύ του σχεδίου κάτοψης και του φέροντα οργανισμού είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος αυτού του μοντέλου, γιατί εάν ο φορέας του κτιρίου δεν είναι αρκετά ευέλικτος ώστε να επιτρέπει απότομες αλλαγές στο σχέδιο κάτοψης (όπως συμβαίνει συχνά με τα εμπορικά κτίρια), θα μπορούσε να προκαλέσει την πρόωρη απαρχαίωση ολόκληρου του κτιρίου (Barkkume, 2008).

Διατμητικά στρώματα αλλαγής (Brand, 1994):

- 1. Site_** Η τοποθεσία (γεωγραφική τοποθεσία, αστική τοποθεσία, νόμιμα οικοπέδα) μπορεί εύκολα να ξεπεράσει τη ζωή του κτιρίου
- 2. Structure_** Ο φορέας (θεμέλια και φέροντα στοιχεία) μπορεί να διαρκέσει 30-300 χρόνια, αν και πολλά κτίρια δεν έχουν τόσο μεγάλη διάρκεια ζωής για άλλους λόγους

1. HVAC (heating, ventilation & air-conditioning) : Σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού.

- 3. Skin_** Η επιδερμίδα του κτιρίου, που αποτελείται από σκελετό, εξωτερικά τελειώματα, τζάμια κ.λπ., μπορεί να αλλάξει για λόγους επισκευής ή εκσυγχρονισμού κάθε 25 χρόνια περίπου
- 4. Services_** Οι εγκαταστάσεις ή τα δίκτυα (τα βοηθητικά συστήματα, τα συστήματα HVAC και τα κινούμενα μέρη όπως οι ανελκυστήρες) ενδέχεται να απαιτούν υποχρεωτική αντικατάσταση κάθε 7-15 χρόνια και μπορεί να οδηγήσουν σε κατεδάφιση ολόκληρου του κτιρίου, εάν ο τρόπος ενσωμάτωσής τους αποτρέπει την αντικατάσταση
- 5. Space Plan_** Το σχέδιο της κάτοψης (διαχωρισμός χώρου, ντουλάπια, εσωτερικά φινιρίσματα) μπορεί να αναθεωρείται έως και κάθε 3 χρόνια σε μια εμπορική χρήση, έως ότου μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα όταν χρησιμοποιείται ως κατοικία
- 6. Stuff_** Τα πράγματα (έπιπλα, φωτιστικά, συσκευές, κ.λπ.) που μπορεί να αλλάζουν σε μηνιαία ή ετήσια βάση.



Διάγραμμα 4.2: Το κτίριο χωρισμένο σε 6 layers κατά τον Brand

4.4 Κανόνες που διέπουν την αποσυναρμολόγηση

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι **10 βασικοί κανόνες** που διέπουν την αποσυναρμολόγηση σύμφωνα με τον Guy και Ciarimboli (2005, σελ.6):

| | |
|--|---|
| Καταγραφή υλικών και μεθόδων αποσυναρμολόγησης | Επισημάνση των συνδέσεων και των υλικών και ένα “σχέδιο αποδόμησης” συμβάλλοντας στην αποτελεσματική αποσυναρμολόγηση και αποδόμηση. |
| Επιλογή υλικών με την αρχή της προφύλαξης (precautionary principle) ² | Τα υλικά επιλέγονται με γνώμονα τις μελλοντικές επιπτώσεις και έχουν υψηλή ποιότητα θα διατηρήσουν την αξία τους ή / και θα είναι πιο εφικτά για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. |

2. Πρόκειται για μια ηθική θεωρία όπου εάν οι συνέπειες μιας δράσης, ειδικά όσον αφορά τη χρήση της τεχνολογίας, είναι άγνωστες αλλά κρίνονται από ορισμένους επιστήμονες ότι έχουν υψηλό κίνδυνο να είναι “αρνητικές” από ηθική άποψη, τότε, είναι καλύτερο να μην εκτελεστεί η δράση παρά να διακινδυνεύσει κάποιος τις αβέβαιες, αλλά πιθανόν πολύ αρνητικές, συνέπειες [πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Precautionary_principle]

| | |
|---|--|
| Σχεδιασμός προσβάσιμων συνδέσεων | Οι οπτικά και εργονομικά προσβάσιμες συνδέσεις θα αυξήσουν την απόδοση και θα αποφύγουν τις απαιτήσεις για ακριβό εξοπλισμό, καθώς και προασπίζει τους εργαζομένους. |
| Ελαχιστοποίηση ή εξάλειψη των χημικών συνδέσεων | Οι συγκολλητικές ουσίες, τα στεγανοποιητικά και οι κόλλες στα υλικά, καθιστούν δύσκολο τον διαχωρισμό και την ανακύκλωση και αυξάνουν τις πιθανότητες αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη και οικολογική υγεία λόγω της χρήσης τους. |
| Χρήση βιδωτών, βιδωμένων και καρφωμένων συνδέσεων | Χρήση τυποποιημένων συνδέσεων για τη μείωση εργαλείων και χρόνου. |
| Ξεχωριστά μηχανικά, ηλεκτρικά και υδραυλικά (η/μ) συστήματα | Αποσύνδεση η/μ συστημάτων από τις μονάδες ώστε να διευκολύνουν τον διαχωρισμό εξαρτημάτων και υλικών για επισκευή, αντικατάσταση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. |

| | |
|---|--|
| Σχεδιασμός για τον εργαζόμενο και τη διαδικασία διαχωρισμού | Εξαρτήματα στην ανθρώπινη κλίμακα. Προσαρμοσμένα στην εύκολη αφαίρεση με τυποποιημένο μηχανολογικό εξοπλισμό. |
| Απλότητα δομής/φέροντα οργανισμού και μορφής | Απλά δομικά συστήματα. Οι απλές μορφές και ο κánaβος θα επιτρέψουν την ευκολία κατασκευής και αποδόμησης σε βήματα. |
| Εναλλαξιμότητα | Χρήση υλικών και συστημάτων αρθρωτής μορφής, ανεξαρτησίας και τυποποίησης διευκολύνοντας την επαναχρησιμοποίηση. |
| Ασφαλής αποδόμηση | Επιτρέποντας την κυκλοφορία και την ασφάλεια των εργαζομένων, τον εξοπλισμό και την πρόσβαση στο χώρο, καθώς και την ευκολία της ροής υλικών, η ανακαίνιση και η αποσυναρμολόγηση θα είναι πιο οικονομική και θα μειώσουν τον κίνδυνο. |

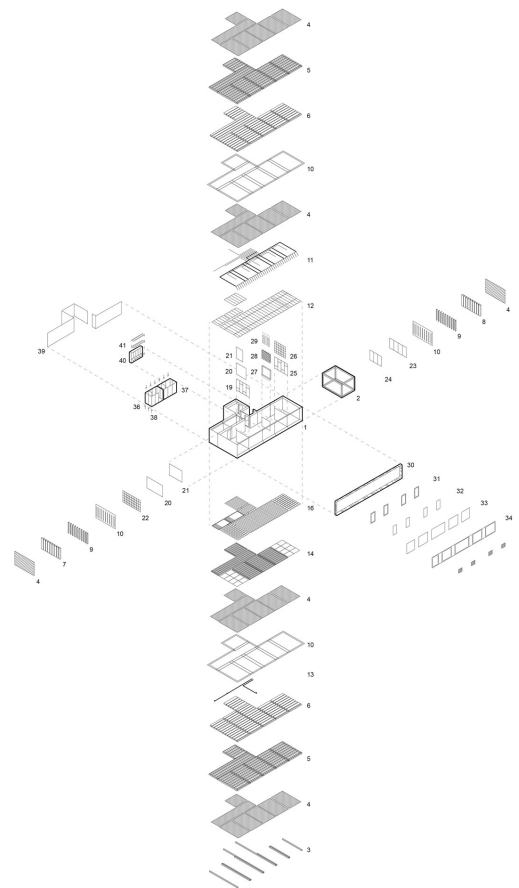
Εν αντιθέσει, οι πιο συνήθεις παράγοντες που δυσκολεύουν την αποσυναρμολόγηση κατασκευών που δεν έχουν σχεδιαστεί εξ'αρχής για αυτό τον λόγο, είναι οι εξής Ευσταθίου, Χρήστου, 2019, σελ.88):

- Η τεχνοτροπία κατασκευής και ο τρόπος σύνδεσης των τμημάτων της κατασκευής καθιστά δύσκολη και χρονοβόρα την αποδόμησή τους με σκοπό την επανάχρηση
- Η χημική σύσταση και η πολυπλοκότητα ορισμένων προϊόντων που καθιστά δύσκολη την ανακύκλωσή τους
- Οι συνδεσμολογίες υλικών και μελών κατασκευής που απαιτούν πολύ χρόνο και κόστος για να αποσυναρμολογηθούν καθώς δεν έχουν κατασκευαστεί για αυτό το λόγο.

4.5. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, για να μειωθεί η υπέρογκη χρήση πόρων στα κτίρια και η πρόωγη κατεδάφισή τους, θα πρέπει να προσδιοριστούν εκ νέου τόσο τα τεχνικά συστήματα όσο και οι πτυχές του σχεδιασμού. Έτσι, οι κτιριακές δομές οι οποίες χαρακτηρίζονται από αυξημένη προσαρμοστική ικανότητα, όπως αφαιρετικότητα, ευελιξία και ελαστικότητα, μπορούν να συμβάλλουν στην αποφυγή εκτεταμένων απορριμμάτων λόγω της επιμήκυνσης της χρηστικής τους ζωής. Έτσι, κτίρια τα οποία είναι χωρισμένα σε διαφορετικά layers μπορούν να επισκευαστούν και να συντηρηθούν πιο εύκολα. Ταυτόχρονα, η χρήση κατάλληλων υλικών, όπως τα πρωτογενή και δευτερογενή μονούλικά, μπορούν πιο εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν σε επόμενη κατασκευή καθώς προηγουμένως έχει ελεγχθεί διεξοδικά η ποιότητά τους.

Είναι λοιπόν, αδιαμφισβήτητο ότι οι νέες απαιτήσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων υψηλής περιβαλλοντικής απόδοσης θα διαμορφώσουν νέες συνθήκες στην αγορά, καθώς προτείνεται η στροφή προς ποιοτικά χαρακτηριστικά στη ζήτηση κατασκευαστικών προϊόντων (Οικονόμου, Μητούλα, 2010, σελ.199).



Εικ 4.1: Πλήρης καταγραφή των κατασκευαστικών στοιχείων της κατασκευής

Κεφάλαιο

05

*No design is possible until the materials with
which you design are completely understood.
Ludwig Mies van der Rohe*

Υλικά

5.1. Οικοδομικά απόβλητα

Τα οικοδομικά απόβλητα (Απόβλητα Κατασκευών και Κατεδαφίσεων - ΑΚΚ) έχουν λεπτομερώς προσδιοριστεί στο Άρθρο 17 του Διατάγματος ΦΕΚ Β'1312/24/08/2010 (βλ. Παράρτημα ΙΙ) (Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων, 2012, σελ.29). Αποτελούνται από δύο επιμέρους συνιστώσες, τα απόβλητα από τις κατασκευές και αυτά από τις κατεδαφίσεις, και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών. Είναι απόβλητα που προκύπτουν από δραστηριότητες, όπως η κατασκευή των κτιρίων και των δημόσιων υποδομών, η ολική ή μερική κατεδάφιση των κτιρίων και των δημόσιων υποδομών, ο σχεδιασμός και η συντήρηση των οδών. Σε ορισμένες χώρες, όπως η Ελλάδα, ακόμα και τα υλικά από την εκσκαφή του εδάφους θεωρούνται ως απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων (Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων, 2012, σελ.16).

Τα οικοδομικά απόβλητα εμπίπτουν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων, 2012, σελ.16):

- Κατεστραμμένα υλικά
- Υλικά που απομένουν στο τέλος των εργασιών
- «Ενδιάμεσα» απόβλητα τα οποία χρησιμοποιούνται για να αποτελέσουν ένα υλικό
- Απορρίμματα συσκευασίας (πχ. ξύλο, μέταλλο, χαρτόνι, πολυπροπυλένιο, πολυαιθυλένιο κ.ά.)

Τα απόβλητα κατασκευών που προέρχονται από νέες κατασκευές, είναι συνήθως λιγότερο μικτά, λιγότερο μολυσμένα, και η δυνατότητα ανάκτησης τους είναι μεγαλύτερη από εκείνα των κατεδαφίσεων. Το μερίδιό τους στο σύνολο των ποσοτήτων του ΑΚΚ είναι γενικά χαμηλό. Από την άλλη πλευρά, τα απόβλητα κατεδάφισης και αποκατάστασης, αντιπροσωπεύουν τα υψηλότερα ποσά των ΑΚΚ, τείνουν να είναι πιο μολυσμένα και μικτά, και ως εκ τούτου η ανακύκλωσή τους είναι πιο δύσκολη. Επιπλέον, κυρίως στις κατεδαφίσεις, ένα ποσοστό απορριμμάτων (αμίαντος, βενζόλιο κ.λ.π.) αποτελούν επικίνδυνα απόβλητα, τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής στην απομάκρυνσή τους από τα υπόλοιπα απορρίμματα (Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων, 2012, σελ.27).

5.2. Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση είναι η φιλικότερη προς το περιβάλλον μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων. (Αραβαντινός, 2007, σελ.534). Από την οικολογία είναι γνωστό ότι το φυσικό περιβάλλον ανακυκλώνει τα δικά του «απορρίμματα». Τα περιττώματα και οι εκκρίσεις ενός οργανισμού, αλλά και τα φύλλα που πέφτουν από τα δέντρα, ανακυκλώνονται συνεχώς στο έδαφος, αφού διασπώνται σε θρεπτικά συστατικά διαθέσιμα σε άλλους οργανισμούς. Στη φύση, δηλαδή, σχεδόν τίποτα δεν χάνεται (National Geographic, Εγκυκλοπαίδεια του Περιβάλλοντος για Νέους: Ρύπανση, 2013, σελ.27).

Ο όρος ανακύκλωση αναφέρεται κυρίως στη συλλογή και στην επεξεργασία υλικών, τα οποία, αν και προορίζονταν για απόρριψη, μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Με τον τρόπο αυτό ωφελείται τόσο το περιβάλλον, όσο και η οικονομία. Η ανακύκλωση των σκουπιδιών είναι μια σύνθετη διαδικασία (National Geographic, Εγκυκλοπαίδεια του Περιβάλλοντος για Νέους: Ρύπανση, 2013, σελ.26).

Σύμφωνα με άλλο ορισμό, η ανακύκλωση είναι η μέθοδος της συλλογής, διαλογής, και επαναφοράς κάποιων υλικών που προορίζονταν για απόρριψη, όπως το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό και το αλουμίνιο,

σε χρήσιμα υλικά που υφίστανται επεξεργασία και επαναφέρονται στον οικονομικό κύκλο (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2000, σελ 679).

Η μέθοδος της ανακύκλωσης θεωρείται πλέον ενδεδειγμένη για τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, εφόσον μέσω αυτής επιτυγχάνεται (Παπαϊωάννου, 1997, σελ.22-28):

- Εξοικονόμηση πρώτων υλών
- Μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Αύξηση του χρόνου ζωής των ΧΥΤΑ
- Δημιουργία περισσότερων νέων θέσεων εργασίας
- Εξοικονόμηση μεγάλων χρηματικών ποσών από τα έξοδα μεταφοράς των απορριμμάτων προς τις χωματερές που βρίσκονται σε απόσταση από τα αστικά κέντρα

Τέλος, ένα σωστά σχεδιασμένο και οργανωμένο πρόγραμμα ανακύκλωσης είναι λιγότερο δαπανηρό από τις μεθόδους της καύσης και της υγειονομικής ταφής.

Βέβαια, υπάρχουν και τα **μειονεκτήματα**, όπως:

- Η πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία διαχωρισμού
- Η απαίτηση υψηλών επενδύσεων σε μονάδες διαλογής
- Η ποιότητα των υλικών προς ανακύκλωση, που δεν είναι πάντα αποδεκτά από τη βιομηχανία.

5.2.1. Είδη ανακύκλωσης

Η ανακύκλωση των υλικών στην κατασκευή χωρίζεται σε τέσσερα είδη (Παπαϊωάννου, 2013, σελ.26):

- Σε **πρωτογενή** και **δευτερογενή**, ανάλογα με τον **τομέα χρήσης** των ανακυκλωμένων υλικών και
- Σε **άμεση** και **έμμεση**, ανάλογα με τον **βαθμό επεξεργασίας** που χρειάζονται τα υλικά για να επαναχρησιμοποιηθούν.

ΜΕΙΩΣΗ - περιορισμός της παραγωγής απορριμμάτων

ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ - επιπλέον χρήση υλικών στην υπάρχουσα μορφή τους για τον αρχικό ή παρεμφερή σκοπό

ΕΜΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ - επανεπεξεργασία απορριμμάτων υλικών για την παραγωγή νέω προϊόντων

ΑΝΑΚΤΗΣΗ - η εξαγωγή υλικών ή ενέργειας από τα απόβλητα για περαιτέρω χρήση ή επεξεργασία και περιλαμβάνει αλλά δεν περιορίζεται στην παραγωγή λιπασμάτων

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ - η υποβολή σε οποιοδήποτε φυσική, βιολογική ή ημική διεργασία αλλαγής του όγκου ή της ιδιότητας των εν λόγω αποβλήτων, έτσι ώστε να μπορούν να διατεθούν με μικρότερες ή και δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις

ΔΙΑΘΕΣΗ- η τελική εναπόθεση αποβλήτων σε Χ.Υ.Τ.Α

Στην **πρωτογενή ανακύκλωση**, τα υλικά χρησιμοποιούνται στην ίδια εφαρμογή με την αρχική τους αρχιτεκτονική χρήση και αφορά επανάχρηση καθαρά οικοδομικών υλικών. Ενώ, στη **δευτερογενή** γίνεται επανάχρηση “μη οικοδομικών υλικών”, δηλαδή αυτά που προέρχονται από τη βιομηχανία και τη βιοτεχνία, και αξιοποιούνται σε διαφορετικούς τομείς με αλλαγή του χρηστικού τους χαρακτήρα.

Στην **άμεση ανακύκλωση (Demontage Bauteil recycling=Disassemble component recycling)**, τα υλικά μπορούν να λάβουν ξανά μέρος στην κατασκευή κτιρίων με ελάχιστη ή ανύπαρκτη μεταποίηση (Braungart and McDonough, 2008). Τα άμεσα επαναχρησιμοποιήσιμα υλικά είναι πιο φιλικά για το περιβάλλον, καθώς δεν μειώνεται η ποιοτική αξία του υλικού και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι πολύ λιγότερη σε σχέση με αυτή των ανακυκλωμένων υλικών.

Στην **έμμεση ανακύκλωση (Baustoffe recycling=Building material recycling)** για να επαναχρησιμοποιηθούν τα υλικά προηγείται ένας μετασχηματισμός τους όπως γίνεται στα ανακυκλωμένα υλικά.

5.2.2. Πρωτογενής Ανακύκλωση

Κατηγοριοποίηση των μεθόδων ανακύκλωσης των υλικών σε μία κατασκευή (Ευσταθίου, Χρήστου, 2019, σελ.84):

Η ευρύτερη κατηγορία της πρωτογενούς ανακύκλωσης σχετίζεται με μεθόδους ανακύκλωσης, όπου τα υλικά και τα διάφορα αρχιτεκτονικά στοιχεία παραμένουν σε κύκλους ροής υλικών που αφορούν στον αρχικό τους τομέα, στην συγκεκριμένη περίπτωση στον οικοδομικό. **Πρωτογενής ανακύκλωση μπορούν να θεωρηθούν οι παρακάτω μέθοδοι:**

Άμεση ανακύκλωση

1. Επανάχρηση ολόκληρου του κτιριακού κελύφους

- επανάχρηση κτιρίων με πιθανές μερικές αλλαγές στη χρήση τους, στην κάτοψη, την όψη ή τον η/μ εξοπλισμό
- αποσυναρμολόγηση και συναρμολόγηση μιας κατασκευής σε διαφορετική τοποθεσία (σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση)

2. Επανάχρηση υλικών ή δομικών στοιχείων.

Πρόκειται για την επανάχρηση επιμέρους μελών μιας κατασκευής σε νέες κατασκευές χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία. Αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αποδόμηση του κτιρίου και την επιλογή των μελών που είναι κατάλληλα για επανάχρηση.

Έμμεση ανακύκλωση

Αφορά σε υλικά από κατεδαφίσεις ή ανακατασκευές κτιρίων που δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια και χρήζουν επεξεργασίας. Συνήθως, τα υλικά αυτά τεμαχίζονται, θρυμματίζονται ή ρευστοποιούνται για να επανα- χρησιμοποιηθούν σε νέα υλικά. Πολύ συχνά, όμως, μετά από αυτή τη διαδικασία προκύπτουν υλικά που είναι υποδεέστερα σε ποιότητα και λειτουργικότητα συγκριτικά με το αρχικό υλικό (down-cycling)¹. Εξαιρέση αποτελούν τα μέταλλα, όπως ο χάλυβας που μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς να χάσει τις τελικές του ιδιότητες. (Winters Downey E, 2010, σελ.64). Τα κυριότερα ανακυκλώσιμα οικοδομικά υλικά είναι: σκυρόδεμα, μέταλλο, ξύλο, κεραμικά, πλαστικό, γυαλί.

1. Ο όρος Downcycling είναι μια πρακτική ανακύκλωσης που περιλαμβάνει τη διάσπαση ενός αντικειμένου σε συστατικά στοιχεία ή υλικά. Μόλις ανακτηθούν τα συστατικά στοιχεία ή υλικά, επαναχρησιμοποιούνται αν είναι δυνατόν, αλλά συνήθως προκύπτει προϊόν χαμηλότερης αξίας. Στην ιδανική περίπτωση, απορρίπτονται μόνο στοιχεία που δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Στόχος είναι η μείωση των αποβλήτων και η βελτίωση της χρήσης πόρων. [πηγή: <https://whatis.techtarget.com/definition/downcycling>]

5.2.3. Δευτερογενής Ανακύκλωση

Η δευτερογενής ανακύκλωση αφορά στη διαδικασία με την οποία τα ανακυκλωμένα υλικά χρησιμοποιούνται σε διαφορετική εφαρμογή. Αυτό μπορεί να σημαίνει είτε ότι ένα αρχικά κατασκευαστικό υλικό επαναχρησιμοποιείται σε άλλους τομείς, είτε ότι δημιουργείται ένα νέο οικοδομικό υλικό που προήλθε από υλικά και υπο- ή παρά- προϊόντα άλλων δραστηριοτήτων.

5.3. Επαναχρησιμοποίηση υλικών κτιρίου

“Βάσει Νόμου, επαναχρησιμοποίηση ορίζεται κάθε διεργασία με την οποία οι συσκευασίες πολλαπλής χρήσης ή άλλα αγαθά επαναπληρούνται ή χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο έχουν σχεδιαστεί, με ή χωρίς την υποστήριξη βοηθητικών προϊόντων που υπάρχουν στην αγορά και που επιτρέπουν την επαναπλήρωση τους.” (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, 2013).

Ιστορικά, η επαναχρησιμοποίηση δομικών υλικών ήταν ένα συνηθισμένο χαρακτηριστικό. Σε πολλές παράκτιες περιοχές κατασκευάστηκαν παλιά κτίρια χρησιμοποιώντας πολλά παρασυρόμενα ξύλα και τμήματα ναυαγίων. Η κατασκευή σκανδιναβικών κορμών

είναι ένα καλό παράδειγμα μιας μεθόδου κατασκευής που προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση. Η βασική αρχή της τοποθέτησης στιβαρών κορμών μεταξύ τους με αρμούς και όχι καρφιά, τα καθιστά πολύ εύκολο να αφαιρεθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, εντελώς ή σε μέρη, καθώς και να μετακινηθούν ολόκληρες κατασκευές σε μια νέα τοποθεσία. Αυτή η μέθοδος κατασκευής χρησιμοποιεί μια μεγάλη ποσότητα υλικού, αλλά τα πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης το εξισορροπούν (Berge, 2009, σελ.14).

Όπως είναι γνωστό, ύστερα από φυσικές καταστροφές όπως σεισμούς, τσουνάμι, πλημμύρες κ.τ.λ., οι άνθρωποι κατέφευγαν σε προσωρινές λύσεις στέγασης. Οι χρήστες ξανά χρησιμοποιούσαν τα υλικά που καταστράφηκαν, με στόχο απλώς την κάλυψη των προσωπικών βιοτικών αναγκών. Ένα είδος κατασκευής στο οποίο γίνεται συχνά η επανάχρηση υλικών είναι οι λεγόμενες “αυθαίρετες” κατασκευές. Συνήθως, αυτές είναι κατασκευασμένες σε περιοχές εκτός σχεδίου πόλης και δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη μελέτης². Το χτίσιμο γίνεται συνήθως κάτω από αντίξοες συνθήκες, με πρόχειρα υλικά που συχνά προέρχονται από δεύτερη

2. «Η μη συμμετοχή μηχανικού στην κατασκευή δεν οδηγεί την ανάπτυξη της σ' ένα ξεχωριστό καινούριο τύπο, αλλά το τελικό αποτέλεσμα είναι αντανάκλαση και αναπαραγωγή ήδη υπαρκτών μοντέλων σε ανώτερα κοινωνικά και εισοδηματικά πρόσωπα προσαρμοσμένα στις οικονομικές δυνατότητες του ιδιοκτήτη.» Αραχωβίτης (2005), σελ.59

χρήση, ενώ το μέγεθος της κατοικίας μεγαλώνει σταδιακά (Φιλιππίδης, 1984).

Αν και η χρήση ετερόκλητων στοιχείων σε αναπάντεχους συνδυασμούς θυμίζει την παραδοσιακή αρχιτεκτονική, σύμφωνα με τον Α. Ρωμανό (1973), στα αυθαίρετα λείπει ο ιδιαίτερος χαρακτήρας που διαποτίζει και ενοποιεί τους παλιούς οικισμούς (...) λείπει ίσως η λεγόμενη “λαϊκή σοφία”. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του είδους επανάχρησης είναι και οι καταυλισμοί τσιγγάνων.

Στην ενότητα 3.2.2. αναφέρθηκε ο όρος “**down-cycling**” που έχει να κάνει με την ανακύκλωση υλικών μειώνοντας όμως την αξία του προϊόντος. Το αντίθετο του όρου είναι το “**upcycling**”, μέσω του οποίου δίνεται δεύτερη ζωή σε ένα “παλιό” προϊόν δημιουργώντας έτσι ένα νέο. Με αυτό τον τρόπο, χάρη στη συγκέντρωση χρησιμοποιημένων υλικών, συστατικών και προϊόντων, προκύπτει ένα καινούργιο κατασκεύασμα με περισσότερη αξία από το πρωτότυπο. Έτσι, η επανάχρηση, ή αλλιώς upcycling, αφορά υλικά ή αντικείμενα τα οποία μπορούν να ξανά τροποποιηθούν ή/και να ξανά αποκτήσουν σκοπό μέσω μιας δημιουργικής διαδικασίας επεκτείνοντας παράλληλα τη διάρκεια ζωής τους. Η διαφορά με την ανακύκλωση είναι ότι η τελευταία παίρνει υλικά όπως το χαρτί, μέταλλο, πλαστικό ή γυαλί και τα διασπά δημιουργώντας έτσι ένα νέο υλικό - ενίοτε με μειωμένη

αξία. Αντίθετα, η επαναχρησιμοποίηση δεν διασπά τα υλικά αλλά κάνει διαλογή και επανάχρηση αυτών με έναν διαφορετικό και ευφάνταστο τρόπο (Upcycling Definition, 2020).

Όσον αφορά τον κατασκευαστικό τομέα, σύμφωνα με τον Richardson, η **ανακατασκευή** πρόκειται για μια μέθοδο η οποία επεκτείνει τη διάρκεια ζωής μέσω της επαναχρησιμοποίησης υλικών σε έναν κλειστό βρόχο. Ενώ, ο στόχος της επανάχρησης είναι να αναδιαμορφώσει και να ενσωματώσει απορριπτόμενα προϊόντα σε κύκλους ανοιχτού βρόχου (Upcycling Definition, 2020).

Αναμφίβολα, η επαναλαμβανόμενη χρήση αγαθών είναι μία προτιμητέα εναλλακτική λύση σε σχέση με άλλες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων. Μέσω αυτής εξοικονομείται ενέργεια, η οποία δαπανάται κατά την παραγωγή των προϊόντων, και επιπλέον πρώτες ύλες όπως πετρέλαιο, νερό, ξυλεία, άνθρακας κ.ά. Ταυτόχρονα, δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Επίσης, είναι σημαντικό το γεγονός ότι μειώνεται αισθητά ο όγκος των απορριμμάτων που οδηγούνται προς τελική διάθεση, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος ζωής τους και έτσι να μειώνεται ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος.

Το πλήθος των υλικών και των αντικειμένων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν είναι σχεδόν απεριόριστος. Υλικά τα οποία μπορούν να επανα-

χρησιμοποιηθούν ενδεικτικά είναι: το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό κ.τ.λ.. Αντίστοιχα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αντικείμενα όπως: φάρμακα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οικιακά είδη κ.τ.λ. Επανάχρηση θεωρείται και το γέμισμα των μελανοδοχείων των εκτυπωτών.

5.4. Επανένταξη υλικών στη φύση

5.4.1. Βιοδιάσπαση

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν κάνει την εμφάνισή τους νέα πολυμερικά υλικά τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα της διάσπασης στο περιβάλλον σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτά είναι τα λεγόμενα βιοδιασπώμενα ή βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά (biodegradable polymers).

«Βιοαποδόμηση»: διαδικασία με την οποία τα υλικά αποσυντίθεται και διασπώνται με μικροοργανισμούς σε στοιχεία που απαντώνται στη φύση, όπως το CO₂, το νερό και η βιομάζα. Η βιοαποδόμηση μπορεί να συμβεί σε περιβάλλον πλούσιο σε οξυγόνο (αερόβια βιοαποδόμηση) ή σε περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο (αναερόβια βιοαποδόμηση) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Τα λεγόμενα βιοδιασπώμενα ή βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά (biodegradable polymers) έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν την ανάγκη για παραγωγή συνθετικών πλαστικών σε χαμηλό κόστος, δημιουργώντας θετικά αποτελέσματα τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά. Η βιοδιάσπαση των πλαστικών δεν εξαρτάται μόνο από την πρώτη ύλη παραγωγής τους, αλλά και από τη χημική δομή τους. Για το λόγο αυτό τα βιοδιασπώμενα πλαστικά μπορεί να προέρχονται από φυσικά ή από συνθετικά πολυμερή.

Τα «περιβαλλοντικά διασπώμενα πολυμερή» χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό διάσπασής τους, οι οποίες είναι οι εξής (Biodegradable Plastics- Developments and Environmental Impacts, 2002) :

- Βιοδιασπώμενα
- Κομποστοποιήσιμα
- Υδρο-βιοδιασπώμενα
- Φωτο-διασπώμενα
- Φωτο-βιοδιασπώμενα
- Βιοδιαβρώσιμα

Για να χαρακτηριστεί ένα υλικό βιοδιασπώμενο πρέπει να αναλυθεί ο χρόνος βιοδιάσπασής του καθώς επίσης χρειάζεται να καθοριστούν τα προϊόντα τα οποία προκύπτουν ως αποτέλεσμα της βιοδιάσπασης των υλικών, για το αν δηλαδή προκύπτουν τοξικά συστατικά. Επίσης, σημαντικό είναι το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το υλικό.

Θεωρητικά, σχεδόν όλα τα υλικά³ μπορούν εν τέλει να βιοαποδομηθούν, ακόμη και σε ανοικτό περιβάλλον, μολονότι για ορισμένα από αυτά αυτό θα συμβεί μόνο μετά από εκατοντάδες χρόνια ή και περισσότερο. Συνεπώς, η βιοαποδόμηση πλαστικών ως μέσο για την αποφυγή της ρύπανσης έχει πρακτική σημασία μόνο εφόσον μπορεί να πραγματοποιηθεί σε «εύλογο» χρονικό διάστημα⁴. Στην εκτίμηση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη συγκεκριμένες συνθήκες και/ή περιβάλλοντα, όπως το θαλάσσιο περιβάλλον, όπου η βιοαποδόμηση είναι ιδιαίτερα δύσκολη (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

3. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα υλικά που προκύπτουν από τεχνητές συνθετικές διεργασίες (π.χ. πλαστικά) και εκείνα που προκύπτουν από φυσικές συνθετικές διεργασίες («βιοπολυμερή», όπως κυτταρίνη και πρωτεΐνες), με εξαίρεση τα πετρώματα και τα μέταλλα.

4. Ο καθορισμός ενός «εύλογου» χρονικού διαστήματος μπορεί να διαφέρει από προϊόν σε προϊόν, ανάλογα με τη χρήση του προϊόντος και τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον· οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζονται με τον χρόνο που απαιτήθηκε για την πλήρη διάσπαση του πολυμερούς

Η βιοαποδόμηση των υλικών που προέρχονται από τεχνητή σύνθεση, όπως τα συμβατικά πλαστικά, είναι θεωρητικά εφικτή όταν το υλικό είναι διασπασμένο σε μικρά σωματίδια και η μοριακή μάζα του υλικού είναι αρκετά χαμηλή ώστε να καταστεί δυνατή η βιοαποδόμηση. Παράγοντες όπως το φως, η υγρασία, το οξυγόνο και η θερμοκρασία καθορίζουν την ταχύτητα αποδόμησης. Στο ανοιχτό περιβάλλον ενδέχεται να χρειαστεί μεγάλο χρονικό διάστημα, έως εκατοντάδες χρόνια, για τη βιοαποδόμηση των συμβατικών πλαστικών υλών. Πλαστικές ύλες που έχουν επισημανθεί ως «βιοαποδομήσιμες» βιοαποδομούνται μόνο υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η βιοαποδόμηση δεν εξαρτάται από την πηγή της πρώτης ύλης ενός υλικού: το βιοαποδομήσιμο πλαστικό (όπως το συμβατικό πλαστικό) μπορεί να παράγεται από ύλες ορυκτής ή βιολογικής προέλευσης⁵ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Η ανάπτυξη των βιοδιασπώμενων πολυμερών, δηλαδή των πολυμερών που προέρχονται συνήθως από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και διασπώνται μετά την απόρριψή τους από μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο περιβάλλον, αποτελεί μια εναλλακτική λύση στις εφαρμογές των κοινών πλαστικών, αφού έχουν παρόμοιες

5. Τα βιοπλαστικά έχουν τις ίδιες ιδιότητες όπως τα συμβατικά πλαστικά, αλλά προέρχονται από βιομάζα, όπως ορίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 16575.

φυσικές και μηχανικές ιδιότητες με τα συμβατικά πλαστικά και επιπλέον δίνουν λύση στο πρόβλημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος, της εξοικονόμησης χώρου απόθεσης απορριμμάτων και απεξάρτησης από το πετρέλαιο. Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή, σε αντίθεση με τα κοινά πλαστικά, διασπώνται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και βιομάζα (Biodegradable Plastics- Developments and Environmental Impacts, 2002).

Παρακάτω θα αναφερθούν ενδεικτικά βιοδιασπώμενα δομικά υλικά φυσικής και τεχνητής προέλευσης αντίστοιχα (Ευσταθίου, Χρήστου, 2019, σελ.75)⁶:

| Βιοδιασπώμενα δομικά υλικά φυσικής προέλευσης |
|--|
| Χαρτί |
| Μπαμπού |
| Bio - Bricks |
| Ξύλο |
| Φελλός |

6. Για περισσότερα βλ.: Ευσταθίου Αργυρώ και Χρήστου Μυρτώ-Μαρία (2019), σελ.74-82. C2C - Σχεδιάζοντας με άξονα την κυκλική οικονομία: η κυκλική οικονομία στη σύγχρονη κατασκευή, Διάλεξη 9ου εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/48505>

| |
|----------------------------|
| Μυκήλιο |
| Rammed Earth |
| Βιοπλαστικό |
| Ινοσανίδα (MDF) από πατάτα |
| Αχυρόμπαλες (straw bales) |

Οι βασικές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στη διαχείριση απορριμμάτων είναι η **μηχανική – βιολογική επεξεργασία**, η **θερμική επεξεργασία** (καύση-αποτέφρωση), η **εδαφική εναπόθεση** (Υγειονομική Ταφή – ΧΥΤΑ), και η **κομποστοποίηση** (Μπασιαδάκη & Παπαγεωργίου, 2020, σελ.40).

Όπως έχει ειπωθεί και στο κεφάλαιο 1.3.1., στα φυσικά οικοσυστήματα δεν υπάρχουν “άχρηστα υλικά”. Έτσι, με τη λιπασματοποίηση η φύση ανακυκλώνει τα απορρίμματά της.

Η κομποστοποίηση, ή στα ελληνικά λιπασματοποίηση, είναι ένας πολύ άμεσος τρόπος ανακύκλωσης. Ο όρος κομποστοποίηση σημαίνει η συλλογή οργανικών αποβλήτων (φύλλα, υπολείμματα φαγητών, φρούτων, λαχανικών), η διάσπασή τους και η μετατροπή τους κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε ενεργό οργανικό λίπασμα. Ο μηχανισμός αυτός

βρίσκει εφαρμογή σε αρκετά βιοδιασπώμενα πολυμερή. Η βιοδιάσπαση παρόλα αυτά δεν ταυτίζεται με την κομποστοποίηση.

Τα κομποστοποιήσιμα πολυμερή αποτελούν υποκατηγορία των βιοδιασπώμενων πλαστικών και ορίζονται ως τα πλαστικά που βιοδιασπώνται σε περιβάλλον κομποστοποίησης με βιολογικές διαδικασίες ενώ ταυτόχρονα μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ανόργανα συστατικά και βιομάζα χρονικά παράλληλα με άλλα γνωστά κομποστοποιήσιμα υλικά, όπως η κυτταρίνη και τα οργανικά απορρίμματα, όπως ορίστηκε από τον διεθνή οργανισμό πιστοποίησης ASTM (Biodegradable Plastics- Developments and Environmental Impacts, 2002, μέσω της διπλωματικής εργασίας: “Βιοδιασπώμενα πολυμερή στη σχεδίαση για το περιβάλλον, Κατσουγιάννη Στυλιανή, 2008, σελ.52).

Η λιπασματοποίηση απαιτεί όχι μόνο να αποδομηθεί το υλικό, αλλά και να καταστεί μέρος χρησιμοποιήσιμου κομποστ και να παρέχει στο έδαφος θρεπτικά συστατικά. Στοιχεία δείχνουν ότι το οξοδιασπώμενο⁷ πλαστικό είναι ακατάλληλο για κάθε

7. Τα λεγόμενα οξοπλαστικά ή οξοδιασπώμενα πλαστικά είναι συμβατικά πλαστικά υλικά που περιέχουν πρόσθετες ύλες για να επιταχύνεται ο κατακερματισμός τους σε πολύ μικρά τεμάχια μετά από έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία ή σε θερμότητα. Λόγω αυτών των πρόσθετων υλών, το πλαστικό κατακερματίζεται με την πάροδο του χρόνου σε πλαστικά σωματίδια και, τέλος, σε μικροπλαστικά με παρόμοιες ιδιότητες με τα μικροπλαστικά που προέρχονται από τον κατακερματισμό συμβατικών πλαστικών.

μορφή λιπασματοποίησης ή αναερόβιας χώνευσης και δεν θα πληροί τα ισχύοντα πρότυπα της ΕΕ για συσκευασίες ανακτήσιμες μέσω λιπασματοποίησης. Υπολείμματα θραυσμάτων πλαστικού και μικροπλαστικά που μπορεί να έχουν προκύψει ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του κομπόστ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

5.5. Κριτήρια επιλογής υλικών

Η επιλογή των υλικών ώστε να εφαρμοστούν οι αρχές της αποσυναρμολόγησης είναι αρκετά σημαντική. Ο πρωταρχικός στόχος του DfD δεν είναι μονάχα η διευκόλυνση της διαδικασίας ανάκτησης, αλλά η διευκόλυνση ενός συστήματος ροής υλικών κλειστού βρόχου και μηδενικών αποβλήτων στο δομημένο περιβάλλον. Έτσι, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η επιτυχία του DfD πρέπει να βασιστεί καταρχήν στην επιλογή των υλικών, ξεκινώντας με υλικά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να είναι κατασκευασμένα από ανακυκλωμένο υλικό. Σαφώς, όλα τα υλικά έχουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα (Guy & Ciarimpoli, 2005, σελ.38).

Κατά τη χρήση του DfD, πρέπει πρώτα να αναγνωριστεί ότι τα υλικά έχουν αντίκτυπο ανάλογα

με τα βήματα/περάσματα από την προέλευση και στη συνέχεια στην αρχική φάση εγκατάστασης και χρήσης του κτιρίου. Καθώς τα υλικά περνούν μέσα από αυτά τα βήματα, αναπόφευκτα θα υποβαθμιστούν και θα εμπίπτουν σε άλλες κατηγορίες. Στο τέλος, το ιδανικό υλικό είναι αυτό που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί πολλές φορές, να διατηρεί ποιότητα, να μπορεί να ανακυκλωθεί (όπως στη θεωρία cradle-to-cradle του McDonough), να καεί (θεσμοθετημένη ανάκτηση ενέργειας) ή να αποσυντεθεί (μια διαδικασία φυσικής ανάκτησης) με λίγο έως καθόλου επιβλαβή αέρια.

5.5.1. Ποιότητες υλικών για βελτίωση του DfD

| |
|------------------------------|
| Ευελιξία / Προσαρμοστικότητα |
| Ελαχιστοποίηση |
| Αντικατάσταση |
| Αποφυγή |
| Πρόβλεψη |
| Προσδιορισμός / Καθορισμός |

(Guy & Ciarimpoli, 2005, σελ.38).

Ευελιξία/Προσαρμοστικότητα: Η ευελιξία σε έναν τύπο υλικού είναι πολύ χρήσιμη για την ανακαίνιση και την επαναχρησιμοποίηση. Αυτό αναφέρεται τόσο στη φυσική ευελιξία, όσο και στην ικανότητά του να εξυπηρετεί πολλαπλές ανάγκες και να προσαρμόζεται σε διαφορετικούς χρήστες. Το απλούστερο παράδειγμα είναι 1 κομμάτι ξύλου, το οποίο έχουν πολλές χρήσεις, και μπορεί να συνδυαστεί για τη δημιουργία στοιχείων με μεγαλύτερη αντοχή.

Ελαχιστοποίηση: Ελαχιστοποίηση της ποσότητας υλικού που χρησιμοποιείται. Η χρήση λιγότερων στοιχείων καθιστά τη δομή ευκολότερη στην κατανόηση, την αποδόμηση, τη μετακίνηση κ.λπ. Η λειτουργικότητα επιτρέπει διακριτά εξαρτήματα που μπορούν να μετακινηθούν χωρίς να επηρεαστούν άλλα μέρη. Αυτό μπορεί επίσης να μειώσει την ποσότητα των συνολικών αποβλήτων που παράγονται κατά την κατασκευή και την αποδόμηση.

Αντικατάσταση: Αντικατάσταση τεχνολογικών συστημάτων φωτισμού και HVAC με στοιχεία παθητικού/βιοκλιματικού σχεδιασμού για να μειωθεί η ποσότητα πρόσθετων υλικών και μηχανικής συντήρησης σε ένα κτίριο και, συνεπώς, να διευκολύνεται η αποδόμηση. Παραδείγματα περιλαμβάνουν διπλοκέλυφες ή αεριζόμενες προσόψεις και εκμετάλλευση του φυσικού

φωτισμού, με στόχο τη μείωση των απαιτήσεων για κλιματισμό και τεχνητό φωτισμό, αντίστοιχα.

Αποφυγή: Αποφυγή χρήσης συγκολλητικών, ρητινών και κονιαμάτων. Η χρήση αυτών των αντικειμένων μπορεί να οδηγήσει σε περιττή καταστροφή και πρόωρη απόρριψη υλικών.

Πρόβλεψη: Πρόβλεψη του διαφορετικού βαθμού και ρυθμού φθοράς, στα τελικά δάπεδα, στις γωνίες τοίχου και στο υλικό πόρτας σε σύγκριση με την πλάκα του δαπέδου, με τη επιφάνεια του τοίχου και με την πόρτα, αντίστοιχα. Η πρόβλεψη αυτής της διαφορετικής φθοράς μπορεί να συνεπάγεται την εφαρμογή της κατασκευαστικής λύσης του πλωτού ή του αναρτημένου δαπέδου, σημαίνει ότι το φινίρισμα του δαπέδου θα αιωρείται από του υπογείου ή θα διαχωρίζονται εύκολα, οι γωνίες των τοίχων θα είναι κατασκευασμένες από διακριτό, αποσπώμενο και πιο ανθεκτικό υλικό σε σχέση με την όψη του τοίχου, και τοποθέτηση λαβών πόρτας με προσβάσιμες υποδοχές για εύκολη αφαίρεση χωρίς να επηρεάζεται το σώμα της πόρτας.

Προσδιορισμός/Καθορισμός: Καθορισμός τυποποιημένων διαστάσεων για στοιχεία, δοκάρια, δοκούς, μέλη τοίχου κ.λπ. καθώς αυτό μπορεί να

διευκολύνει την ενδεχόμενη επαναχρησιμοποίηση, χειρισμό και σχεδιασμό για επαναχρησιμοποίηση (Webster, 2006). Εάν γίνεται χρήση περιορισμένων παραλλαγών και κοινών διαστάσεων είναι ζωτικής σημασίας οι συνδέσεις να μην θέτουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των μελών στο σημείο σύνδεσης. Αποφυγή συνδέσεων που απαιτούν κοπή ή αλλαγή μεγέθους για την ανάκτηση και τον χειρισμό μεμονωμένων στοιχείων.

5.5.2. Ελαχιστοποίηση των απωλειών και της σπατάλης υλικών στο χώρο

Κάθε υλικό έχει έναν «συντελεστή απώλειας», ο οποίος περιγράφει το πόσο ένα συγκεκριμένο υλικό χάνεται κατά την αποθήκευση, τη μεταφορά και την εγκατάσταση του τελικού προϊόντος (Berge, 2009, σελ.9).

Η απώλεια υλικών στον χώρο είναι περίπου το 10% των συνολικών απορριμμάτων στην οικοδομική βιομηχανία. Αυτό μπορεί να μειωθεί στο ήμισυ με προσεκτικά σχεδιασμένη διαχείριση του χώρου (Thonvald, 1994). Η ξυλεία και άλλα κομμάτια μπορούν να ταξινομηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν αλλού. Η χρήση παπλωμάτων θερμομονωτικών υλικών (π.χ. χύδην) αποφεύγουν τη σημαντική σπατάλη μόνωσης. Η προκατασκευή παρέχει ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση,

όπου σχεδόν όλη η σπατάλη μπορεί να εξαλειφθεί, είτε μέσω προ-κομμένων εξαρτημάτων, είτε μέσω προκατασκευής ολόκληρων στοιχείων. Στην Σκανδιναβία σήμερα σχεδόν το 80% όλων των νέων οικιστικών μονάδων παράγονται βιομηχανικά εκτός εργοταξίου και μεταφέρονται ως μεμονωμένα κομμάτια. Ωστόσο, ορισμένα συστήματα παρασκευής απαιτούν εκτεταμένη χρήση μαστίχων ή παρεμβυσμάτων που μπορεί να έχουν δυσμενή περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά (Berge, 2009, σελ.9).

5.5.3. Χρήση υλικών με τρόπους που εξασφαλίζουν την ανθεκτικότητά τους

Είναι σημαντικό η ποιότητα των πόρων να είναι ανάλογη της απαιτούμενης εργασίας, ώστε να μην χρησιμοποιούνται πόροι υψηλής ποιότητας όταν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο υλικό χαμηλότερης ποιότητας. Παρόλα αυτά, εξακολουθεί να είναι ένας γενικός κανόνας ότι με την παραγωγή πιο ανθεκτικών προϊόντων, η χρήση πρώτων υλών μειώνεται. Ωστόσο, πρέπει να διασφαλιστεί ότι υλικά παρόμοιας ανθεκτικότητας χρησιμοποιούνται σε όλα τα ζωτικά μέρη ενός κτιρίου. Επομένως, δεν θυσιάζονται στοιχεία υψηλής ποιότητας λόγω γρήγορης φθοράς

άλλων με χαμηλότερη. Τα υλικά χαμηλότερης ποιότητας πρέπει να χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντικαθίστανται εύκολα, ενώ τα πιο ανθεκτικά υλικά μπορούν εύκολα να αποσυναρμολογηθούν για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση (Berge, 2009, σελ.10).

Ο αντίκτυπος στο περιβάλλον είναι μικρότερος για ένα προϊόν που διαρκεί 60 χρόνια σε σύγκριση με ένα προϊόν που διαρκεί μόνο 30 χρόνια. Η διάρκεια ζωής των υλικών διέπεται κυρίως από τέσσερις παράγοντες (Berge, 2009, σελ.10):

- το ίδιο το υλικό, τη φυσική του δομή και τη χημική του σύνθεση
- το τοπικό περιβάλλον, το κλίμα και άλλες χημικές ή φυσικές επιδράσεις
- την κατασκευή και την εκτέλεση του, τη θέση και τον τρόπο εφαρμογής του υλικού τοποθετημένο στο κτίριο
- τη συντήρηση και τη διαχείριση.

5.6. Ενδεικτικά παραδείγματα υλικών ή/και στοιχείων

Στο κεφάλαιο 4.3 αναλύθηκαν τα 6 'S του Band τα οποία ήταν τα Site, Structure, Skin, Services, Space Plan, Stuff. Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν ενδεικτικά τα παραδείγματα τα οποία ανήκουν στην κατηγορία του Structure, βάσει τους Guy & Ciarimpoli (2005, σελ.40), δηλαδή, που έχουν να κάνουν με τον φέροντα οργανισμό της κατασκευής.

Αρθρωτά συστήματα τοίχου συγκράτησης μπλοκ (Modular block retaining wall systems)

Το αρθρωτό μπλοκ, ή τα τμηματικά τοιχώματα συγκράτησης, περιλαμβάνει προκατασκευασμένες μονάδες σκυροδέματος που χρησιμοποιούν τη βαρύτητα και τις φυσικές πλευρικές δυνάμεις που αντιστέκονται στα φορτία. Αυτά τα προκατασκευασμένα αρθρωτά συστήματα είναι εγγενώς εύκαμπτα και προσαρμόζουν μια μεγάλη ποικιλία προϋποθέσεων περιορισμού θέσης. Η απουσία κονιαμάτων και πρόσθετης ενίσχυσης σημαίνει ότι είναι εύκολα αποσυναρμολογούμενα και επαναχρησιμοποιήσιμα.

Αρχές: ομοιογενή υλικά, επαναχρησιμοποίηση, αρθρωτότητα, απλές και προσβάσιμες συνδέσεις, μηχανικές αντί χημικών ή συνδεδεμένων συνδέσεων.

Προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα

Τα προκατασκευασμένα υποστυλώματα από σκυρόδεμα, οι δοκοί και οι ξυλότυποι έχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης με βάση τις συνδέσεις και την αποφυγή των χυμένων πλακών πάνω από τα συστήματα δαπέδου. Οι συνδέσεις από ανοξείδωτο ατσάλι και αφαιρούμενους συνδετήρες θα είναι ανθεκτικές και θα επιτρέπουν την αποσυναρμολόγηση. Το σκυρόδεμα είναι πολύ ανθεκτικό και μπορεί να διαμορφωθεί σε αρθρωτές μονάδες για ευελιξία. Υπάρχει μια ισχυρή υποδομή για ανακύκλωση σκυροδέματος στις ΗΠΑ και η ενίσχυση χάλυβα χωρίζεται εύκολα και ανακυκλώνεται ως μέρος της διαδικασίας. Η πλειονότητα των εξαρτημάτων σκυροδέματος (άμμος, βράχος, νερό) προέρχεται από μη τοξικά και άμεσα διαθέσιμα υλικά, παρόλο που η παραγωγή τσιμέντου είναι ενεργειακά έντονη και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό ποσοστό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Αρχές: υψηλά ανακυκλώσιμη, ανθεκτική, αρθρωτότητα.

Τυποποιημένα στοιχεία από ελαφροσκυρόδεμα

Το αεριωμένο σκυρόδεμα (Autoclave Aerated Concrete), γνωστό ως ytong, είναι ένα ελαφρύ σκυρόδεμα κατασκευασμένο από άμμο, ασβέστη, τσιμέντο, νερό, και αλουμίνα, που προστίθεται ως διογκωτικός παράγοντας.

Αφού τα υλικά αναμιχθούν για να σχηματίσουν ένα πολτό, χύνονται σε ένα μεταλλικό καλούπι. Η αλουμίνα αντιδρά με τα άλλα υλικά για να σχηματίσει μικρούς, λεπτά διασκορπισμένους πόρους στο υλικό. Μετά τη σκλήρυνση, τα καλούπια κόβονται και στη συνέχεια τα κομμάτια σκληρύνονται με ατμό σε κλίβανο αποστείρωσης. Το AAC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τσιμεντόλιθου και πάνελ, και μπορεί να προστεθεί ως ενίσχυση στα καλούπια προτού χυθεί ο πολτός. Τα προκύπτοντα προϊόντα είναι ένα σκυρόδεμα χαμηλής πυκνότητας που συνδυάζει δομική αντοχή και μόνωση σε ένα υλικό.

Αρχές: απούλοποίηση, πολυλειτουργικά υλικά, ανακυκλώσιμα, μη τοξικά (ελαφρόπετρα).

Δομικά μονωμένα πάνελ (SIPS) - Structural insulated panels

Τα προκατασκευασμένα SIPS συνδυάζουν την επένδυση, τη δομή και τη μόνωση σε ένα σχετικά ελαφρύ δομικό στοιχείο. Ένα τυπικό πάνελ SIP αποτελείται από έναν πυρήνα άκαμπτης μόνωσης, που συνδέεται με δύο στρώσεις OSB για να φτιάξει το πλαίσιο. Τα πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα σε 10cm πλάτους-50cm μήκους-10cm ύψους. Το κύριο εμπόδιο για την αποσυναρμολόγηση των πάνελ SIPs είναι η χρήση συγκολλητικών μέσων για τη σύνδεση της κάτω λωρίδας

απευθείας σε ένα ξύλινο υποδάπεδο ή σε μια ποδιά (sill plate) που βιδώνεται σε ένα σύστημα πλάκας σκυροδέματος. Το πάνελ μπορεί να αφαιρεθεί είτε κόβοντας πίσω από τη λωρίδα ξύλου και επανατοποθετώντας μια νέα, είτε κόβοντας στη γραμμή/ένωση μεταξύ της λωρίδας και της ξύλινης επιφάνειας ή της επάνω πλάκας. Η χρήση των λωρίδων που λειτουργούν ως ξεχωριστοί σύνδεσμοι επιτρέπουν στην λωρίδα να αφαιρεθεί απελευθερώνοντας τη σύνδεση μεταξύ των πάνελ.

Κάθε πάνελ πρέπει να παραμείνει αναπόσπαστο και ως μονάδα, ακόμη και αν είναι κομμένο σε ελαφρώς μικρά πάνελ. Τα πάνελ SIP αποτελούν σύνθετα στοιχεία, γεγονός το οποίο περιορίζει την ανακύκλωση ως μεμονωμένα υλικά. Ωστόσο, η αντικατάσταση του πυρήνα από άχυρο από φελιζόλ (EPS) ως υλικό πλήρωσης μπορεί να έχει λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μεγαλύτερο δυναμικό ανακύκλωσης και βιοαποικοδόμησης.

Αρχές: προκατασκευή, αρθρωτότητα, επαναχρησιμοποιήσιμα και ανακυκλώσιμα υλικά.

Ανακτημένη ξυλεία

Εφόσον δεν έχει μολυνθεί με τοξικά συντηρητικά, χρώματα ή κόλλες, το ξύλο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί, να βιοδιασπαστεί ή να καεί για χρήση του ενεργειακού του περιεχομένου. Η ανακτημένη ξυλεία

με επαρκή διάσταση είναι ένα εξαιρετικά ευέλικτο υλικό για επαναχρησιμοποίηση και ανακατασκευή, καθώς μπορεί να κοπεί και να διαμορφωθεί για τη δημιουργία νέων μεγεθών και σχημάτων χωρίς απώλεια των βασικών ιδιοτήτων του. Το ξύλινο πλαίσιο, ενώ αποτελεί αποτελεσματική χρήση ξυλείας, είναι συχνά προβληματικό για αποσυναρμολόγηση εξαιτίας της χρήσης μεγάλου αριθμού καρφιών. Οι συνδετήρες, οι γωνίες, οι πλάκες, τα μπουλόνια, τα καρφιά με διπλή κεφαλή, αποτελούν τρόπους για να διευκολύνεται η αποσυναρμολόγηση των μελών του ξύλου. Καθώς αναπτύσσονται εργαλεία για την ταχύτερη αφαίρεση των καρφιών, η ένταση εργασίας της αποσυναρμολόγησης θα μειωθεί. Η κατασκευή πλαισίων τοίχου με ελαφρύ πλαίσιο επιτρέπει τη δυνατότητα ανάκτησης ολόκληρων πάνελ για επαναχρησιμοποίηση στο σύνολό τους ως μονάδα πάνελ, διατηρώντας υψηλότερη τιμή. Τα ξύλινα πλαίσια συνήθως προτιμώνται καθώς ποικίλουν σε μεγέθη και συνήθως χρησιμοποιούν λιγότερες συνδέσεις.

Αρχές: αρχή της προφύλαξης (κεφάλαιο 4.4.1), επαναχρησιμοποιημένο υλικό, επαναχρησιμοποιήσιμο και ανακυκλώσιμο υλικό, μη τοξικό και ομοιογενές υλικό.

Τεχνητή ξυλεία

Τα προϊόντα τεχνητής ξυλείας έχουν πλεονέκτημα έναντι του συμπαγούς ξύλου χρησιμοποιώντας

ταχέως αναπτυσσόμενα δέντρα μικρής διαμέτρου σε αποτελεσματικές κατασκευαστικές διαδικασίες. Όντας τεχνητό προϊόν, το υλικό χρησιμοποιεί ελάχιστα υλικά διατηρώντας παράλληλα υψηλό βαθμό ποιότητας και αντοχής. Τα τεχνητά υλικά είναι προβληματικά για ανακύκλωση λόγω της χρήσης συγκολλητικών και συνδετικών μέσων, παρόλο που διεξάγονται δοκιμές για να εξακριβωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των υλικών. Η χρήση αυτών των ρητινών έχει επίσης επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Τα πλεονεκτήματα των τεχνητών προϊόντων έγκειται στη χρήση των πόρων τους και στις υψηλές αντοχές τους που μπορούν να δημιουργήσουν μεγαλύτερη βεβαιότητα για επαναχρησιμοποίηση ως δομικά υλικά.

Αρχές: τυποποιημένες διαστάσεις, αποϋλοποίηση, επαναχρησιμοποιήσιμες.

Πέτρα

Όπως το τούβλο, όταν χρησιμοποιείται με ισχνά κονιάματα με βάση τον ασβέστη, έτσι και η πέτρα μπορεί να σχεδιαστεί εύκολα για αποσυναρμολόγηση. Η πέτρα σε κατάλληλες χρήσεις είναι πολύ ανθεκτική και επαναχρησιμοποιήσιμη και όταν χρησιμοποιείται σε αρθρωτά περιπτώσεις είναι εύκολα επισκευάσιμη. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των προϊόντων από φυσική

πέτρα είναι ο υψηλός βαθμός χειρωνακτικής εργασίας και εξοπλισμού για την κατασκευή.

Μεταλλικές δικτυωματικές κατασκευές

Οι μεταλλικές δικτυωματικές κατασκευές είναι ελαφριά, υψηλής αντοχής πλαίσια που μπορούν να παρέχουν μεγάλα ανοίγματα, τα οποία επιτρέπουν κατόψεις πιο ανοιχτής διαρρύθμισης και χώρους με εύκολη προσαρμοστικότητα. Η χαλυβουργία ισχυρίζεται ένα μέσο ποσοστό ανακύκλωσης 85% σε ολόκληρη τη βιομηχανία, όπου ο χάλυβας θερμής έλασης υπερβαίνει το 90% από ανακυκλωμένο περιεχόμενο. Τα μέταλλα είναι πλήρως ανακυκλώσιμα εφόσον μπορούν να διαχωριστούν από σύνθετα συστήματα και γειτονικά υλικά στην αποσυναρμολόγηση του κτιρίου και στα στάδια επεξεργασίας των υλικών. Οι συνδέσεις των μελών χάλυβα και του χάλυβα με άλλα υλικά όπως το σκυρόδεμα μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας μπουλόνια για σκοπούς επαναχρησιμοποίησης και συγκολλήσεις ή μπουλόνια για σκοπούς ανακύκλωσης.

Αρχές: ανακυκλωμένα και ανακυκλώσιμα, επαναχρησιμοποιήσιμα, μακράς διάρκειας, ανθεκτικότητα, αποσύνδεση.

Βίδες, μπουλόνια και σύνδεσμοι

Οι βίδες, τα μπουλόνια και άλλες μορφές στεγνών

συνδέσεων επιτρέπουν την εύκολη αποσυναρμολόγηση σε αντίθεση με τα καρφιά ή τις κόλλες. Όταν χρησιμοποιούνται καρφιά ή μπουλόνια με συνδετήρες, αυτό μπορεί να επιτρέψει λιγότερα καρφιά και συνεπώς λιγότερες ζημιές στα μέλη του ξύλου. Διάφορες εταιρείες έχουν αναπτύξει εξειδικευμένους συνδετήρες για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Αρχές: προσβάσιμες συνδέσεις, τυπικές και λιγότερες συνδέσεις, επαναχρησιμοποιήσιμες, ανακυκλώσιμες.

Σύστημα οικοδόμησης Yorkon (Yorkon building system)

Τα συστήματα Yorkon είναι ένας τρόπος στήριξης της που βασίζεται σε αρθρωτή βάση. Η Yorkon είναι ένας από τους κορυφαίους κατασκευαστές αρθρωτών κτιρίων. Το τελικό κτίριο συναρμολογεί επί τόπου, έχοντας κάνει την πλειονότητα των εργασιών αλλού. Αυτή η διαδικασία εξοικονομεί χρήμα και χρόνο σε σχέση με μια κατασκευή επί τόπου. Η Yorkon ισχυρίζεται ότι η αποδοτικότητα εργασίας και υλικών είναι μεγαλύτερη στο εργοστασιακό περιβάλλον σε σύγκριση με μια τυπική επιτόπια κατασκευή. Η αρθρωτή φύση της κατασκευής δεν περιορίζει απαραίτητα τον τελικό σχεδιασμό, αλλά καθιστά την αποδόμηση μια απλή εργασία.

Η ανακαίνιση και η επαναχρησιμοποίηση αρθρωτών κτιρίων αντιστοιχεί μεταξύ 2 και 8,8% της ενσωματωμένης ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή νέων ισοδύναμων αρθρωτών κτιρίων. Επιπλέον, τα αρθρωτά κτίρια έχουν τον παράγοντα μετεγκατάστασης: μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να ξανά χτιστούν όπου απαιτείται. Όταν επανατοποθετείται για ένα νέο πελάτη, τα κτίρια καθαρίζονται, διακοσμούνται, περιττές πόρτες και τα παράθυρα συμπληρώνονται και προστίθενται νέα διαμερίσματα, όπως απαιτείται. Τα αρθρωτά κτίρια έχουν εκτιμώμενη διάρκεια ζωής μεταξύ 25 και 60 χρόνων. Όταν δεν υπάρχει πλέον δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των αρθρωτών κτιρίων, γίνεται εξαγωγή του χαλύβδινου πλαισίου για απλή ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση. Ο χάλυβας αντιπροσωπεύει το κυρίαρχο υλικό στο κτίριο και αναλογεί στο 65% της ενσωματωμένης ενέργειας.

Αρχές: προκατασκευή, αρθρωτότητα, εύκολη αποσυναρμολόγηση, επαναχρησιμοποιήσιμο και ανακυκλώσιμο υλικό (Engineering the circular economy, 2013).

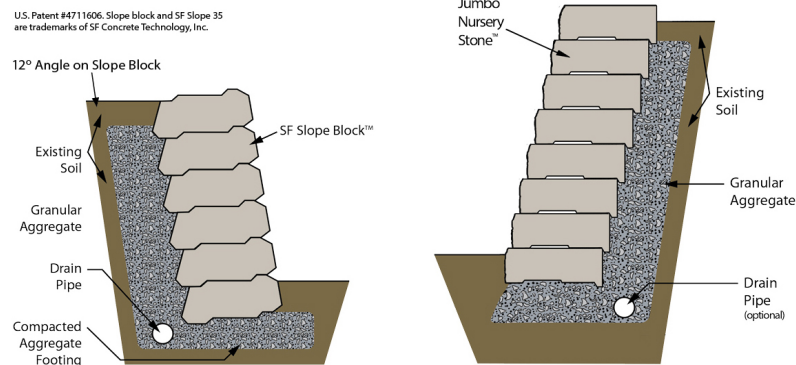
5.7. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η άμεση ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση μειώνει αισθητά τα απόβλητα. Ταυτόχρονα, οι φυσικοί πόροι προφυλάσσονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μειώνονται, διότι εξοικονομούνται μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα τη μείωση των ρύπων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, ενίοτε η ανακύκλωση είναι προτιμότερη από την επανάχρηση στις περιπτώσεις που η ενσωματωμένη ενέργεια είναι λιγότερη από την ενέργεια που απαιτείται για τη διαδικασία της επανάχρησης ενός υλικού.

Έτσι, γίνεται για άλλη μια φορά εμφανές ότι ο κυκλικός σχεδιασμός διατηρεί στο μέγιστο βαθμό την εγγενή αξία και ποιότητα ενός υλικού. Διασφαλίζει ότι τα υλικά επιλέγονται και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο σε μία νέα κατασκευή, ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής επανάχρησή τους χωρίς αυτά να υποβαθμίζονται. Με αυτόν τον τρόπο, ενθαρρύνεται ένας τρόπος κατασκευής, ο οποίος επιτρέπει τη μελλοντική αποσυναρμολόγηση και τη μετέπειτα χρήση των υλικών.

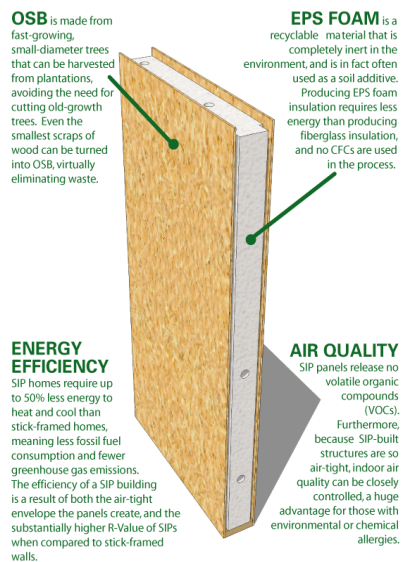
Η δομή της κατασκευής, δηλαδή τα φέροντα στοιχεία, είναι αυτή που διαρκεί περισσότερο στο πέρασμα του χρόνου και συνεπώς είναι η λιγότερο

“ευέλικτη”, σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη που απαρτίζουν το κτίριο. Εξαιτίας αυτού, η ανθεκτικότητα των υλικών είναι μείζονος σημασίας, καθώς και η απεμπλοκή από συστήματα με διαφορετικές λειτουργίες και κύκλους ζωής. Οι αρθρωτές συνδέσεις και η συναρμολόγηση/ αποσυναρμολόγηση θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ορατές ώστε να είναι πιο εύκολα προσβάσιμες. Καθώς τα φέροντα στοιχεία μπορούν να αποτελούν μεγάλο μέρος του όγκου των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, οι εκτεταμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μετριαστούν μέσω της επανάχρησης και της ανακύκλωσης αυτών των υλικών. Εάν προορίζονται για ανακύκλωση, τότε δεν θα πρέπει να αναμειγνύονται με άλλα υλικά, ή εάν οι επιστρώσεις κ.λπ. είναι απαραίτητες, τότε το σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί με γνώμονα τις οικονομικές και διαθέσιμες διαδικασίες διαχωρισμού (Guy & Ciarimpoli, 2005, σελ.40).





Εικ 5.1,2,3: Ενδεικτική φωτογραφία αρθρωτού συστήματος τοίχου συγκράτησης
 μπλοκ / Ενδεικτική φωτογραφία σκυροδέματος / Ενδεικτική φωτογραφία
 δομικού μονωμένου πάνελ (SIPS)



Εικ 5.3,4: Ενδεικτική φωτογραφία τεχνητής ξυλείας /
 Ενδεικτική φωτογραφία μεταλλικών δικτυωματικών κατασκευών



| Ενδεικτικά υλικά | Ανακύκλωση | Επανάχρηση | Βιοδιάσπαση |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|
| Αρθρωτά συστήματα τοίχου μπλοκ | | ✓ | |
| Στοιχεία από σκυρόδεμα | ✓ | | |
| Στοιχεία από ελαφροσκυρόδεμα | ✓ | | |
| Δομικά μονωμένα πάνελ SIPs | ✓ | ✓ | ✓ |
| Ανακτημένη ξυλεία | ✓ | ✓ | ✓ |
| Τεχνητή ξυλεία | | ✓ | |
| Πέτρα | | ✓ | |
| Μεταλλικές δικτυωματικές κατασκευές | | ✓ | |
| Βίδες, μπουλόνια, σύνδεσμοι | | ✓ | |
| Συστήματα οικοδόμησης Yorkon | ✓ | ✓ | |



Εικ 5.5,6: Ενδεικτική φωτογραφία συστήματος οικοδόμησης Yorkon

Κεφάλαιο

06

“When i design buildings, I think of the overall composition, much as the parts of a body would fit together. On top of that, I think about how people will approach the building and experience that space”.

Tadao Ando

Παραδείγματα

6.1. Κριτήρια επιλογής παραδειγμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται ορισμένα παραδείγματα αρχιτεκτονικών κατασκευών που βασίζονται στον “Σχεδιασμό για αποσυναρμολόγηση”, με σκοπό να κατανοηθούν στην πράξη οι σχεδιαστικές κατευθυντήριες που αναλύονται παραπάνω.

Όπως έχει αναφερθεί, ο γενικός στόχος αυτής της εργασίας εστιάζει σε μία αρχιτεκτονική που να εναρμονίζεται -όσο το δυνατόν περισσότερο- με το φυσικό περιβάλλον. Αυτή είναι μία διαδικασία η οποία ξεκινάει ήδη από τον αρχιτέκτονα κατά το στάδιο του σχεδιασμού. Έτσι, με γνώμονα την επίτευξη της κυκλικής οικονομίας, στην κλίμακα της κατασκευής πρέπει να αλληλοεξαρτώνται τόσο η ορθή χρήση των υλικών και πόρων, όσο και η χρήση πρωτοπόρων κατασκευαστικών μεθόδων. Αναλόγως αντιμετωπίζονται και τα παραδείγματα. Η ανάλυσή τους γίνεται με στόχο να κατανοηθούν στην πράξη οι αρχές σχεδιασμού της συναρμολόγησης με βάση την αποσυναρμολόγηση. Τα παραδείγματα αυτά συσχετίζονται άμεσα με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και των βιοκλιματικών αρχών όσον αφορά την συναρμολόγηση/αποσυναρμολόγηση, την ενεργειακή τους κατανάλωση, την χρήση οικολογικών υλικών, την έννοια της ανακύκλωσης & επαναχρησιμοποίησης.

Σχετικά με την ταξινόμηση των παραδειγμάτων, παρουσιάζονται παραδείγματα DfD χρονολογικά. Επίσης,

όπως προέκυψε από την παραπάνω ανάλυση, ο «κυκλικός» σχεδιασμός είναι αυτός που μεριμνά για το τέλος της ζωής ενός κτιρίου εξ'αρχής. Η πλειονότητα των έργων που έχουν επιλεγεί αφορούν σε κατασκευές πραγματοποιημένες από το μηδέν προκειμένου να δοθεί έμφαση στο πρώτο στάδιο του σχεδιασμού, το οποίο η κυκλική οικονομία αναθεωρεί, ενσωματώνοντας σε αυτήν την παράμετρο του τέλους ζωής της κατασκευής. Αρκετές σύγχρονες κατασκευές ενσωματώνουν στο σχεδιασμό τους στοιχεία επανάχρησης, χρήσης οικολογικών υλικών, ή βιοκλιματικού σχεδιασμού, ωστόσο, δεν έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί εξ' αρχής με βάση την αποσυναρμολόγηση, όπως αναλύθηκε εκτενώς στα προηγούμενα κεφάλαια.

Η ανάλυση των επιμέρους στοιχείων των παραδειγμάτων γίνεται με βάση την κατάταξη των 6'S του Brand (Περιγραφή, **Site**-Γενικά Στοιχεία, **Structure**-Φέρων οργανισμός, **Skin**-Εξωτερικό περίβλημα, **Service**-Δίκτυα/Εγκαταστάσεις, **Space Plan**-Εσωτερικοί χώροι, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4, και έχει προστεθεί μια ανάλυση για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό.

Όλα τα παραδείγματα που αναλύονται στη συνέχεια, αναφέρονται σε έργα του εξωτερικού. Μετά από αναζήτηση σε σύγχρονα ελληνικά έργα προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής των αρχών της αποσυναρμολόγησης.

6.2. R128 House

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Ο Werner Sobek είναι ένας διάσημος αρχιτέκτονας, ο οποίος το 1992 ίδρυσε μία εταιρία που φέρει το όνομά του. Σύμφωνα με τη φιλοσοφία της εταιρίας αυτής, ο βασικός της στόχος υπάγεται στην έννοια της Βιώσιμης Ανάπτυξης. “Θέλουμε να δημιουργήσουμε δομές χωρίς εκπομπές για περισσότερα άτομα με λιγότερο υλικό, παράγοντας εξαιρετικά σχέδια, καινοτόμες δομικές λύσεις και ολιστικές έννοιες που ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις μας στο περιβάλλον”.

Ο ίδιος Werner Sobek ανέπτυξε ένα πρότυπο για τη βιώσιμη αρχιτεκτονική, το οποίο αποκαλεί Triple Zero®. Αυτό “καθορίζει τις απαιτήσεις που πρέπει να πληροί ένα κτίριο για να ικανοποιεί τις φιλοδοξίες σχετικά με τη βιωσιμότητα στο δομημένο περιβάλλον.”

Ένα κτίριο Triple Zero® πρέπει να πληροί τα παρακάτω προϋποθέτει :

- Κτίριο μηδενικής ενέργειας
- Κτίριο μηδενικών εκπομπών και
- Κτίριο μηδενικών αποβλήτων



Εικ 6.2.1: Γενική απεικόνιση κατοικίας

Σενάριο

Η τετραώροφη κατοικία R128 House του Werner Sobek ολοκληρώθηκε το 2000 στη Στουτγκάρδη της Γερμανίας. Το κτίριο είναι εντελώς ανακυκλώσιμο, χωρίς να παράγει εκπομπές και όντας αυτόνομο ως προς τις ανάγκες της ενέργειας θέρμανσης. Λόγω της συναρμολόγησής του μέσω βιδωτών αρθρώσεων, μπορεί να συναρμολογηθεί και να αποσυναρμολογηθεί εύκολα. Ο σχεδιασμός προέκυψε από την επιθυμία του αρχιτέκτονα να έχει ένα γυάλινο σπίτι με απεριόριστη θέα που θα χρησιμοποιούσε σύγχρονες τεχνικές για βιώσιμα κτίρια.

| | |
|-----------------------|---|
| Τόπος | Στουτγκάρδη, Γερμανία (48°46' 56 B, 9° 10' 37 E, 245μ.) |
| Κλίμα | Σχετικά ήπιο. Θερμά & υγρά καλοκαίρια / ψυχροί χειμώνες |
| Μελετητής | Werner Sobek |
| Χρονολογία | 1998 - 2000 |
| Επιφάνεια | 250m ² |
| Όροφοι | 4 |
| Δομικό σύστημα | μεταλλική κατασκευή |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • Detailing the Sobek House, 2008 • Green House, 2005, σελ.107 • Guy and Ciarimboli, 2005, σελ.31 • R128, Werner Sobek, 2020 • R128 Shaders, Werner Sobek, 2020 |

Γενικά στοιχεία

Το R128 House βρίσκεται σε μια απότομη πλαγιά με πανοραμική θέα και τη σχεδίασε ο αρχιτέκτων ως κατοικία για εκείνον και την οικογένειά του. Παρόλο που το κτίριο βασίζεται σε αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού, οι αναλογίες του, ο σχεδιασμός και οι λεπτομέρειές του δεν προσαρμόζονται σε έναν συγκεκριμένο προσανατολισμό. Καθώς το έδαφος ήταν εξαιρετικά επικλινές, ο Sobek επέλεξε να το τοποθετήσει πάνω σε μία επίπεδη βάση από οπλισμένο σκυρόδεμα. Λόγω της ελαφριάς κατασκευής της, τα θεμέλια της κατοικίας δεν επεκτείνονται σε μεγάλο βάθος και παράλληλα επαναχρησιμοποιεί το μπετονένιο θεμέλιο του προϋφιστάμενου σπιτιού του 1923 που κάποτε βρισκόταν εκεί, μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.



Εικ 6.2.2: Μακέτα κατοικίας

Φέρων οργανισμός / Υλικά

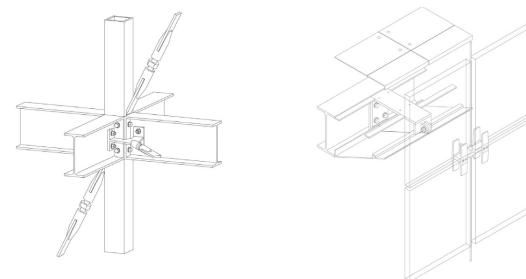
Το κτίριο σχεδιάστηκε εξ αρχής για αποσυναρμολόγηση με μηδαμινό αντίκτυπο στη γη. Λόγω της αρθρωτής συναρμολόγησης τυποποιημένων στοιχείων, για τη μεταφορά των οποίων στο οικόπεδο χρειάστηκε μονάχα ένα φορτηγό, ενώ η κατασκευή διήρκεσε μόλις 11 εβδομάδες. Κάθε μέρος μπορεί εύκολα να αποσπαστεί και να ανακυκλωθεί.

Το σπίτι είναι φτιαγμένο από χάλυβα και γυαλί. Το ασάλινο πλαίσιο του φέροντα οργανισμού ζυγίζει 10 τόνους. Αποτελείται από δώδεκα υποστυλώματα μορφής IPE και ένα δίκτυο οριζόντιων και διαγώνιων δοκών. Την κατοικία ολοκληρώνουν πρόσθετα μεταλλικά στοιχεία σε πρόβολο, εξωτερικές σκάλες και διάδρομοι.



Εξωτερικό περίβλημα

Τα γυάλινα πάνελ της όψης είναι είτε ανοιγόμενα, είτε σταθερά παρέχοντας φυσικό αερισμό. Στερεώνονται με συνδέσμους μορφής Η και την παρεμβολή παρεμβυσμάτων από EPDM, χωρίς τρύπες και μπουλόνια. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ταυτόχρονα η διαφάνεια της κατοικίας και η αποτελεσματική ανεμοστεγανότητα και θερμομόνωση (μείωση διείσδυσης



Εικ 6.2.3,4: Απεικόνιση κατοικίας / Συνδεσμολογίες ξηρού τύπου

/ infiltration) της.

Δίκτυα / Εγκαταστάσεις

Όλες οι συσκευές και τα περιβαλλοντικά συστήματα υψηλής τεχνολογίας ελέγχονται από αισθητήρες κίνησης και φωνητικές εντολές. Όλες οι ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις τοποθετούνται κάτω από το ανυψωμένο δάπεδο και πάνω από την ψευδοροφή. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Οι ομπρέλες (shaders) έχουν σχεδιαστεί για την αυλή του σπιτιού. Δεν χρειάζεται να διπλωθούν και να αποσυναρμολογηθούν ακόμη και σε ισχυρό άνεμο. Κάθε shader αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα από ανοξείδωτο χάλυβα, με τέσσερις αντηρίδες και μια μεμβράνη αδιαπέραστη από το νερό. Η αποσυναρμολόγηση και αποθήκευση των shaders απαιτεί ελάχιστη προσπάθεια, καθώς χρησιμοποιούνται μόνο καρφωτές και βιδωτές συνδέσεις. Σε σύγκριση με τις εμπορικές ομπρέλες, οι shaders απαιτούν μόνο το ήμισυ του αριθμού των ακτίνων και είναι σε θέση να αντέχουν τέσσερις φορές τις συμβατικές ταχύτητες ανέμου, ακόμη και μέχρι την ένταση της καταιγίδας.



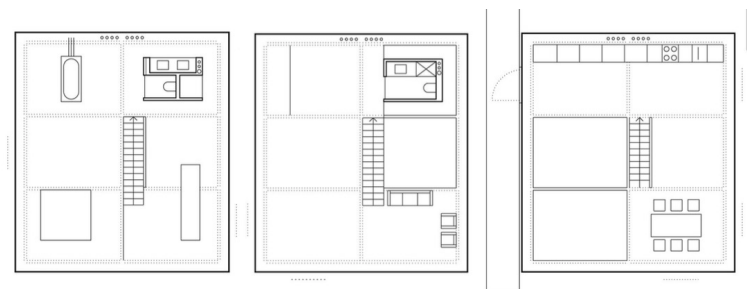
Εικ 6.2.5,6: Απεικόνιση κατοικίας / Λεπτομέρεια Shaders

Εσωτερικοί χώροι

Εκ πρώτης όψεως μοιάζει με ένα σπίτι “αποστειρωμένο” και απόλυτα διαφανές, όμως ο αρχιτέκτων έχει αντιμετωπίσει επιτυχώς τα θέματα άνεσης και ιδιωτικότητας των κατοίκων. Το σπίτι δεν διαθέτει εσωτερικές πόρτες, διακόπτες ή εσωτερικούς τοίχους. Το εσωτερικό, τύπου ανοιχτής διαρρύθμισης (open plan) είναι ανοιχτό και ευέλικτο, με εξαίρεση έναν κατακόρυφο διώροφο πυρήνα που στεγάζει τις εγκαταστάσεις υγιεινής, οι οποίες καλύπτονται από ημιδιαφανές γυαλί και αλουμίνιο (μια κινητή μπανιέρα για μπάνιο και χαλάρωση δεν περιλαμβάνεται σε αυτόν τον χώρο).

Τα ξύλινα δάπεδα είναι φτιαγμένα από προκατασκευασμένα πάνελ που τοποθετούνται πάνω σε χαλύβδινες δοκούς χωρίς βίδες ή μπουλόνια. Όλοι οι σωλήνες και οι γραμμές επικοινωνίας είναι κρυμμένες πίσω από αφαιρούμενα μεταλλικά καλύμματα τοποθετημένα κατά μήκος των δαπέδων. Η είσοδος για τους επισκέπτες γίνεται από μια ασάλινη πεζογέφυρα στον τέταρτο όροφο, ο οποίος περιλαμβάνει τους χώρους καθιστικού και τραπεζαρίας. Τα υπνοδωμάτια της οικογένειας, καθώς και επιπλέον χώροι διαβίωσης, γραφείου και εξυπηρέτησης βρίσκονται στον κάτω όροφο. Δεδομένου ότι τα εσωτερικά χωρίσματα δεν διαμορφώνονται με γυψοσανίδες, κατά την πιθανή μελλοντική κατεδάφιση

σχεδόν δεν θα παραχθούν απορρίμματα.



Εικ 6.2.7: Κατόψεις 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} ορόφου αντίστοιχα

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Το R128 είναι υποδειγματικό παράδειγμα του προτύπου Triple Zero®. Τα γυάλινα πάνελ που διαμορφώνουν το εξωτερικό περίβλημα είναι τριπλά τζάμια και η πλήρωση των διάκενων με αδρανές αέριο (Ar – Αργό). Η θερμομονωτική ικανότητά τους είναι συγκρίσιμη με εκείνη πλάκας από πετροβάμβακα πάχους 10cm ($K / U\text{-value} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) και συμβάλλει στη διατήρηση των εσωτερικών θερμοκρασιών εντός των ορίων θερμικής άνεσης όλο το χρόνο. Η κατασκευή είναι ένα κτίριο πλήρως ανακυκλώσιμο μηδενικής ενέργειας το οποίο δεν παράγει εκπομπές κατά τη χρήση του.

6.3. NASA's Sustainability Base

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Η εταιρία William McDonough ιδρύθηκε από τον ίδιο τον McDonough το 1981 στην Νέα Υόρκη. Ο McDonough είναι αυτός που μαζί με τον Braungart δημοσίευσαν το βιβλίο “Cradle to Cradle” το 2002. Ένα βιβλίο το οποίο κρίνει έντονα το γραμμικό μοντέλο παραγωγής και το αποτύπωμά του που αφήνει στον πλανήτη. Πρόκειται για έναν αρχιτέκτονα παγκοσμίως αναγνωρισμένο. Έχει απονεμηθεί με πληθώρα βραβεία όπως το “Προεδρικό Βραβείο για την Αειφόρο Ανάπτυξη” το 2003.

Οι William McDonough & Partners τα τελευταία 30 χρόνια αποτελούν ηγέτες της πράσινης αρχιτεκτονικής και των εφαρμογών τους βάσει την κυκλική οικονομία. Τα έργα τους αποτελούνται από πρωτοποριακή αρχιτεκτονική και αναγνωρίζονται ως ναυαρχίδες βιώσιμου σχεδιασμού.



Εικ 6.3.1: Πανοραμική απεικόνιση Βάσης Αειφορίας

Σενάριο

Το έργο NASA's Sustainability Base αφορά τον “πρώτο διαστημικό σταθμό της Nasa στη Γη”. Η NASA συνεργάστηκε με τους William McDonough & Partners για να δημιουργήσουν μια Βάση Αειφορίας, με σκοπό να δείξει “πώς μια ομοσπονδιακή εγκατάσταση με συγκεκριμένο προϋπολογισμό, θα μπορούσε να είναι ένα μοντέλο αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας”.

| | |
|-----------------------|---|
| Τόπος | Πάλο Άλτο, Καλιφόρνια Η.Π.Α. (37°25'45"N, 122°8'17"W, 9μ.) |
| Κλίμα | Μεσογειακό- δροσερούς, υγρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια |
| Μελετητής | William McDonough & Partners |
| Χρονολογία | 2012 |
| Επιφάνεια | 15.240m |
| Όροφοι | 2 ή 3 |
| Δομικό σύστημα | σκυρόδεμα, χάλυβας, γυαλί, αλουμίνιο |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • NASA Sustainability Base, archdaily, 2012 • NASA Sustainability Base, archello, 2020 • NASA Sustainability Base, William McDonough & Partners |

Γενικά στοιχεία

Η Βάση Αειφορίας πήρε το όνομά της λόγω της “συγγένειας” μεταξύ αυτής και του πρώτου ανθρώπινου διαστημικού σταθμού στο φεγγάρι, τη “Βάση Ηρεμίας”. Η NASA’s Sustainability Base είναι από τις πρώτες ομοσπονδιακές εγκαταστάσεις η οποία έχει λάβει πιστοποίηση LEED® Platinum. Η NASA εφαρμόζει την τεχνογνωσία της που προέρχεται από την αεροναυτική, την τεχνολογία πληροφοριών και την εξερεύνηση του διαστήματος στο δομημένο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τη βάση αειφορίας ως ζωντανό εργαστήριο για την ανάπτυξη μεθόδων και εργαλείων για την κατανόηση και τον έλεγχο δυναμικών συστημάτων ενέργειας και νερού εδώ στη Γη.

Φέρων οργανισμός / Υλικά

Κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή της Βάσης Αειφορίας εφαρμόστηκε αυστηρό πρωτόκολλο επιλογής υλικών. Τα προϊόντα Cradle to Cradle Certified™ χρησιμοποιήθηκαν όταν ήταν διαθέσιμα, οικονομικά αποδοτικά και εφικτά μέσω μιας ανταγωνιστικής διαδικασίας. Όταν δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή πιστοποιημένων προϊόντων, τα εναλλακτικά προϊόντα

αξιολογήθηκαν από το MBDC για το δυναμικό Cradle to Cradle Certified™, χρησιμοποιώντας πληροφορίες χρήσιμες, όπως Φύλλα δεδομένων ασφαλείας υλικού.

Το έργο περιλαμβάνει υλικά ανακυκλώσιμα και ανακυκλωμένα, ανακτημένα υλικά, τοπικά διαθέσιμα ή / και ταχέως ανανεώσιμα υλικά και πιστοποιημένα είδη ξυλείας. Τα κύρια δομικά στοιχεία της κατασκευής, όπως το σκυρόδεμα, ο χάλυβας, το γυαλί και το αλουμίνιο, είχαν υψηλή περιεκτικότητα σε ανακυκλωμένα υλικά και ήταν διαθέσιμα στην περιοχή, μειώνοντας έτσι την ενέργεια μεταφοράς.

Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση διευκολύνθηκε επιλέγοντας μια χαλύβδινη κατασκευή, έναντι σκυροδέματος, η οποία μπορεί εύκολα να αποσυναρμολογηθεί, καθώς και να επισκευαστεί μετά από σεισμικό συμβάν.

Εξωτερικό περίβλημα

Το πιο εμβληματικό χαρακτηριστικό του κτιρίου αυτού είναι η δομή του. Είναι εμπνευσμένο από τις αεροδυναμικές σήραγγες της NASA Ames Campus και τις εικόνες των δορυφόρων. Αυτό εντείνεται με τον ιδιαίτερο σχεδιασμό του εξωτερικού χαλύβδινου φορέα, ο οποίος φέρει μορφή μισοφέγγαρου. Η προσέγγιση του εξωσκελετού



Εικ 6.3.2: Εξωτερικό περίβλημα Βάσης Αειφορίας

προσφέρει αυξημένη δομική απόδοση κατά τη διάρκεια σεισμικών γεγονότων, παρέχει υπόβαθρο για στοιχεία φυσικού φωτισμού και σκίασης, και δημιουργεί εσωτερικό χώρο εργασίας. Γίνεται, επίσης, το σήμα κατατεθέν για το κτίριο, θυμίζοντας σεληνιακές μονάδες και δορυφόρους. Το μισοφέγγαρο το οποίο περιβάλλει το κτίριο είναι ένα εξωτερικό πλαίσιο, το οποίο βοηθά στη μείωση της ποσότητας χάλυβα (κατά βάρος) στο κτίριο. Επίσης, τα

ελαφρά μονωμένα πάνελ της μεταλλικής επένδυσης, μείωσε αισθητά την απαιτούμενη ποσότητα υλικού στην κατασκευή. Η εξωτερική επένδυση πραγματοποιείται με προκατασκευασμένα ενοποιημένα εξαρτήματα.



Εικ 6.3.3: Λεπτομέρεια εξωτερικού περιβλήματος Βάσης Αειφορίας

Δίκτυα / ΑΠΕ / Εγκαταστάσεις

Τα ενεργητικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται είναι :

Αντλία θερμότητας πηγής εδάφους

Θέρμανση/ψύξη με ακτινοβολία

- Πάνελ οροφής ψύξης με ακτινοβολία, 40% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας από τα τυπικά συστήματα VAV.
- Πάνελ τοίχου θέρμανσης με ακτινοβολία
- Φυσικός αερισμός με αυτοματοποιημένα παράθυρα, τα οποία επιτρέπουν τον αερισμό κατά τις βραδινές ώρες

Ευφυή συστήματα φωτισμού υψηλής απόδοσης

- Φωτιστικά LED σε αρκετές περιοχές του κτιρίου
- Σύστημα σύζευξης φυσικού και τεχνητού φωτισμού

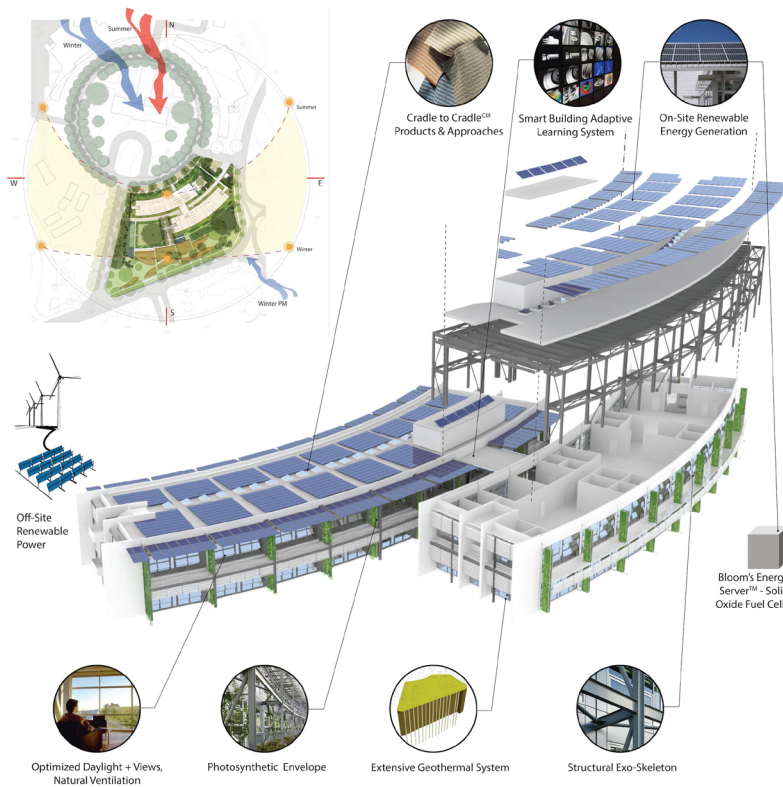
Ηλιακά φωτοβολταϊκά και θερμικά πάνελ

- Τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν μελετηθεί για να παράγουν έως και 30% των απαιτήσεων ηλεκτρικού ρεύματος
- Τα ηλιακά θερμικά πάνελ παρέχουν ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

Κυψέλες στερεού οξειδίου καυσίμου Bloom's Server™

- Η κυψέλη στερεού οξειδίου χρησιμοποιεί σήμερα

φυσικό αέριο ως καύσιμο -μελλοντικό σχέδιο για τη δέσμευση μεθανίου-.



Ένα σύστημα ανακύκλωσης νερού εμπρόσθιας όσμωσης, που αναπτύχθηκε από τη NASA για χρήση στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό, καθαρίζει το νερό ώστε να το καταστήσει πόσιμο. Λόγω των κανονισμών στην Καλιφόρνια που περιορίζουν τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων, χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του “γκρίζου νερού” από νεροχύτες και ντους για επαναχρησιμοποίηση του στις τουαλέτες και τα καζανάκια. Η τεχνολογία παρακολουθείται και δοκιμάζεται στη Γη, ώστε να τελειοποιηθεί η απόδοσή της στο διάστημα. Ο ευρηματική διαμόρφωση του τοπίου περιλαμβάνει συστήματα άρδευσης και καθαρισμού νερού εγχώρια και ανθεκτικά στην ξηρασία, που συμβάλλουν στην περαιτέρω μείωση της ζήτησης νερού.

Ο γενικός στόχος του νερού είναι να δημιουργήσει ένα σύστημα κλειστού βρόχου που θα επιτρέπει στο νερό που πέφτει στο οικόπεδο να “αποχωρεί” με τον ίδιο ρυθμό, ποσότητα και ποιότητα. Οι εγκαταστάσεις νερού που χρησιμοποιούνται σε όλο το κτίριο βελτιστοποιούν την απόδοση, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας και της ποσότητας ροής και των αυτοματοποιημένων συστημάτων ελέγχου. Τα υπόγεια ύδατα μειώνουν τη ζήτηση πόσιμου νερού. Μια υπάρχουσα εγκατάσταση άντλησης και καθαρισμού μολυσμένων υπόγειων υδάτων βρίσκεται κοντά στο εργοτάξιο. Η “βάση αειφορίας” χρησιμοποιεί αυτό το καθαρό νερό για την άρδευση του

Εικ 6.3.4: Ανάλυση βιοκλιματικού σχεδιασμού της Βάσης Αειφορίας

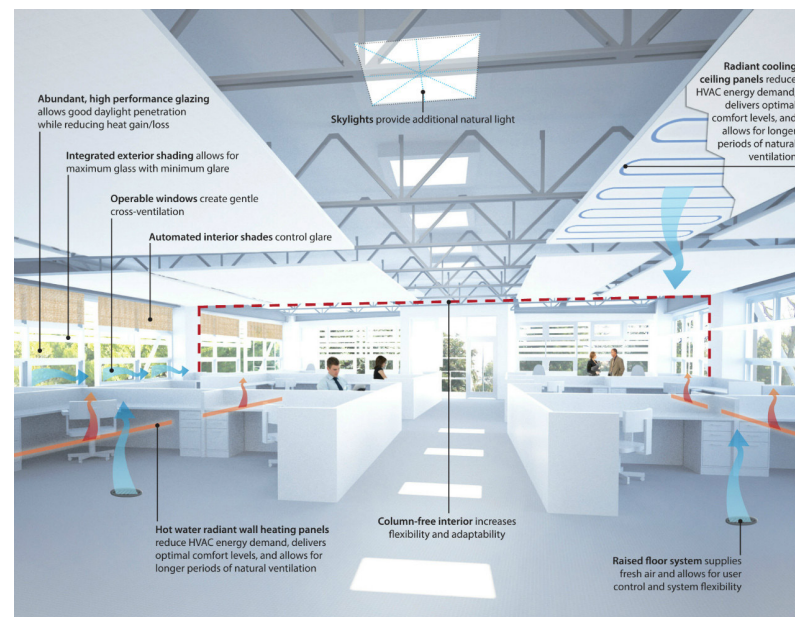
τοπίου.

Στις παθητικές στρατηγικές υπάγονται οι υδρονικές γεωθερμικές και στις ενεργητικές οι εναλλάκτες θερμότητας και πλακάκια οροφής με ακτινοβολία. Στις εγκαταστάσεις, ένα BloomBox® ES-5700 παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από τη μέγιστη ζήτηση. Τα πάνελ SunPower® E-19 που είναι τοποθετημένα στη στέγη μπορούν να παράγουν 87kW, περίπου το 30% της ετήσιας ζήτησης. Η περίσσεια παραγωγής μετριέται στον υποσταθμό Ames, στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Στο εσωτερικό, η τεχνολογία που αναπτύχθηκε για τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό ανακυκλώνει το γκρίζο νερό από τον νεροχύτη / ντους για το ξέπλυμα της τουαλέτας. Στον εξωτερικό χώρο, η άρδευση χρησιμοποιεί τοπικά υπόγεια ύδατα Superfund. Συνολικά, η βάση αειφορίας εξοικονομεί 90% πόσιμου νερού.

Εσωτερικοί χώροι

Οι εσωτερικοί χώροι της Βάσης Αειφορίας υποστηρίζουν ενεργά την υγεία και την ευημερία των εργαζομένων. Το έργο χαρακτηρίζεται από φυσικό φωτισμό και αερισμό. Τα υαλοστάσια είναι από πλάκα σε πλάκα και σε συνδυασμό με τις λεπτές πλάκες παρέχουν εξαιρετικό φωτισμό στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το υπόδειγμα της χρήσης κτιρίου υποδηλώνει ότι οι χρήστες θα πρέπει να χρησιμοποιούν τον ηλεκτρικό φωτισμό του κτιρίου μόνο 42 ημέρες τον χρόνο. Οι φεγγίτες του δεύτερου ορόφου παρέχουν επιπλέον φυσικό φως, ενώ οι εξωτερικές οριζόντιες και κάθετες επιφάνειες αλουμινίου μειώνουν την αύξηση της θερμότητας και μετριάζουν το έντονο φως.



Εικ 6.3.5: Λεπτομέρειες εγκαταστάσεων του εσωτερικού της Βάσης Αειφορίας

Η ανοιχτού τύπου κάτοψη, χωρίζει τους χώρους του γραφείου σε “γειτονιές” 25-30 ατόμων, που συνδέονται με κοινές υπηρεσίες και είναι τοποθετημένα εκατέρωθεν κατά μήκος ενός εσωτερικού δρόμου για την παροχή ομαδικής δημιουργίας και συνεργασίας.

Το κτίριο που προκύπτει είναι ένας ευέλικτος χώρος εργασίας γεμάτος με φυσικό φως, καθαρό αέρα και άφθονες συνδέσεις με τον εξωτερικό χώρο, που εξυπηρετούνται από συστήματα τα οποία, με την πάροδο του χρόνου, θα χρησιμοποιούν μόνο ανανεώσιμη ενέργεια και θα διατηρούν νερό σε κλειστούς βρόχους.



Εικ 6.3.6,7: Βιοκλιματικός σχεδιασμός της Βάσης Αειφορίας / Φωτορεαλιστικό Βάσης Αειφορίας

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η Βάση Αειφορίας για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, συνδυάζει αποτελεσματικά παθητικές και ενεργητικές στρατηγικές θέρμανσης / ψύξης και φωτισμού ημέρας. Αν και ο φυσικός φωτισμός της ημέρας και ο αερισμός μεγιστοποιούνται, το κτίριο εξακολουθεί να διαθέτει ενεργητικό σύστημα θέρμανσης και ψύξης για να διατηρεί την άνεση καθ 'όλη τη διάρκεια του έτους. Συνδυασμός παθητικών στρατηγικών με αυτοματισμούς με στόχο τη βελτιστοποίηση



6.4. Nest We Grow

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Η εταιρεία Kengo Kuma & Associates ιδρύθηκε από τον ίδιο τον Kengo Kuma το 1990 στο Τόκιο. Έχει σχεδιάσει πληθώρα έργων σε περισσότερες από 20 χώρες και έχει λάβει βραβεία κύρους όπως το Βραβείο Αρχιτεκτονικού Ινστιτούτου της Ιαπωνίας. Το γραφείο αυτό βρίσκεται σε μία μόνιμη αναζήτηση ρηξικέλευθων υλικών, τα οποία θα μπορούσαν αντικαταστήσουν το σκυρόδεμα και τον χάλυβα, και νέας προσέγγισης της αρχιτεκτονικής σε μια μεταβιομηχανική περίοδο. “Στόχος μας είναι η σχεδίαση αρχιτεκτονικής που συνδυάζεται με φυσικό τρόπο με το πολιτιστικό και περιβαλλοντικό περιβάλλον της, προτείνοντας ήπια, ανθρώπινα κτίρια.”



Εικ 6.4.1: Απεικόνιση κατασκευής

Σενάριο

Το έργο Nest We Grow πήρε το πρώτο βραβείο στον 4ο Διεθνή Αρχιτεκτονικό Διαγωνισμό Κατασκευής Lixil το 2014. Σε συνεργασία με φοιτητές του Πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνια, το Nest We Grow είναι μια δημόσια δομή πλέγματος ξυλείας, φιλική προς το περιβάλλον, κατασκευασμένη με έμφαση τα ανανεώσιμα υλικά. Κύριος στόχος είναι να φέρει τα μέλη της κοινότητας κοντά για την προετοιμασία, την αποθήκευση και την απόλαυση των τοπικών τροφίμων.

| | |
|-----------------------|---|
| Τόπος | Σαμπόρο, Χοκάντο, Ιαπωνία (43°03'53.4"N 141°20'49.1"E, 5μ.) |
| Κλίμα | Ήπιο κλίμα- χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα |
| Μελετητής | Kengo Kuma & Associates + College of Environmental Design UC Berkeley |
| Χρονολογία | 2014 |
| Επιφάνεια | 85m ² |
| Όροφοι | 4 |
| Δομικό σύστημα | ξύλινη κατασκευή |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • Innovative Detail: Nest We Grow Moment Connection, 2015 • Kengo Kuma and Associates, 2020 • Nest we grow, archello, 2020 • Nest we grow, archdaily, 2015 |

Γενικά στοιχεία

Μια ομάδα μεταπτυχιακών φοιτητών, αποτελούμενη από τέσσερις Ασιάτες και έναν Αμερικανό, προσπάθησε να εξετάσει ποιά δομικά και υλικά στοιχεία θα μπορούσαν να συνδυαστούν, ώστε να δημιουργήσουν μια κοινότητα προσανατολισμένη στα τρόφιμα. Αναγνώρισαν πώς μέτρια υλικά και δράσεις τιμώνται στο Μπέρκλεϊ και θέλησαν να εξερευνήσουν την εφαρμογή τους στην Ασία. Η αρχική τους έρευνα ξεκίνησε με τεχνικές που υπάρχουν στην Καλιφόρνια, όπως η κατασκευή με αχυρόμπαλες. Παρουσίασαν αυτές τις ιδέες με σκοπό την αναζήτησή ενός κτιρίου που θα εισήγαγε ανανεώσιμες τεχνικές οικοδόμησης σε μια περιοχή της Ιαπωνίας. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή ενός έργου με διεθνή τεχνολογία σε διαφορετικό περιβάλλον ήταν δύσκολη.

Φέρων οργανισμός / Υλικά

Εστίασαν σε μία τεχνική κατασκευής βαριάς ξυλείας από την ΗΠΑ, η οποία χρησιμοποιεί μεγάλα κομμάτια ξύλου. Στην τοποθεσία που επιλέχθηκε, αυτό μεταφράστηκε ως “σύνθετο υποσύλωμα”, η οποία χρησιμοποιεί μικρότερα κομμάτια ξύλου για να δημιουργήσει μια μεγαλύτερη “στήλη”. Χρειάστηκε σημαντική μελέτη για τον τρόπο

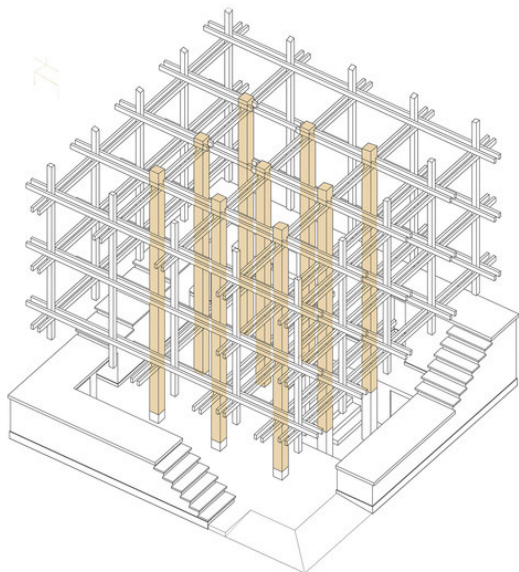
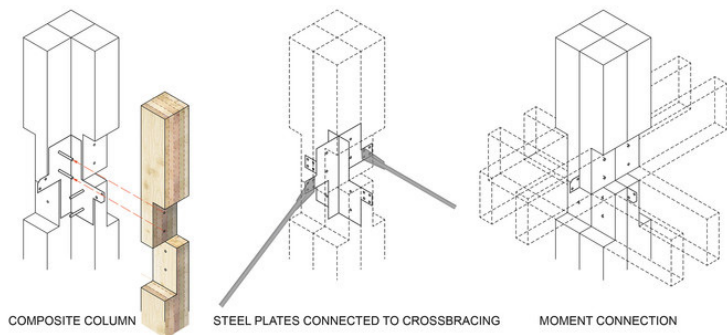
σύνδεσης των υλικών, ο οποίος επηρεάστηκε τόσο από τις τοπικές πρακτικές ξυλουργικής (π.χ. συνδέσεις με εντορμίες), όσο και από την ιαπωνική αγορά υλικών. Επίσης, λόγω χρονικού περιορισμού, η διαδικασία οικοδόμησης έπρεπε να ολοκληρωθεί σε διάστημα 6 μηνών. Το αξιοσημείωτο της κατασκευής είναι η προσβασιμότητα και η σύνδεση των ξύλων καθώς έτσι καθίσταται πιο εύκολη η μελλοντική αποσυναρμολόγησή τους.



Η δομή του ξύλινου πλαισίου μιμείται την κατακόρυφη χωρική εμπειρία ενός ιαπωνικού δάσους με αγριόπευκα. Στο πλαίσιο κρέμεται τροφή για να μεγαλώσει και να στεγνώσει. Στη μέση της “φωλιάς” (nest) αυτής υπάρχει ένα βυθισμένο τζάκι γύρω από το οποίο μπορεί να συγκεντρωθεί η κοινότητα περιμετρικά με σκοπό να απολαύσει το τσάι της. Τα τοπικά φαγητά συναρμολογούν/συνθέτουν την όψη της “φωλιάς”, μιας και οι άνθρωποι τα βλέπουν στοιχημένα πάνω από τη διαμόρφωση του εδάφους.

Η ομάδα συνεργασίας υπολόγισε τα αναμενόμενα φορτία της κτιριακής μονάδας μέσω σχεδιαστικών προγραμμάτων, όπως το Rhino και το AutoCad. Εννέα κολώνες από το χρησιμοποιούμενο ξύλο είναι αγκυρωμένες σε συγκεκριμένες βάσεις παρέχοντας την κύρια δομική στήριξη του. Κάθε σύνθετο υποστύλωμα αποτελείται από 4 λεπτότερα κομμάτια συγκολλητής ξυλείας (glulam) διατομής 15x15cm, οι οποίες συγκρατούνται από 9 χαλύβδινες πλάκες και 40 μπουλόνια.

Οι προκύπτουσες κολώνες 30x30cm έχουν ύψος περίπου 9 μέτρων. Σε κάθε επίπεδο ορόφου, δυο κάθετα μεταξύ τους ζεύγη ξύλινων δοκών ξυλείας glulam τέμνονται σε κάθε υποστύλωμα. Οι δοκοί ενσωματώνονται σε εγκοπές / εντορμίες πλάτους 8cm και βάθους 25cm. «Γνωρίζαμε ότι έπρεπε να κάνουμε μια αρκετά βαθιά εγκοπή σε αυτά τα υποστυλώματα για



Τα δομικά μέλη ανυψωθήκαν στη θέση τους με τη βοήθεια γερανών.
 Τα υπόλοιπα στοιχεία ασφαλίστηκαν χειρωνακτικά.
 Τη δομή καλύπτει ένα διαφανές πολυανθρακικό δέρμα παρέχοντας στεγανότητα.

να χωρέσουμε τις δοκούς και να δημιουργήσουμε αυτήν τη παρούσα σύνδεση», λέει ο Baxter Smith, υποψήφιος και μέλος της ομάδας σχεδιασμού. Ο μαθητής Yan Xin Huang προσθέτει, "Οι εγκοπές είναι το μέγεθος των δοκών οπότε η επιφάνεια είναι επίπεδη." Τα μπουλόνια που συγκρατούν τις σύνθετες υποστυλώματα συγκρατούν επίσης τις δοκούς, ολοκληρώνοντας την άκαμπτη παρούσα σύνδεση", λέει ο Smith.

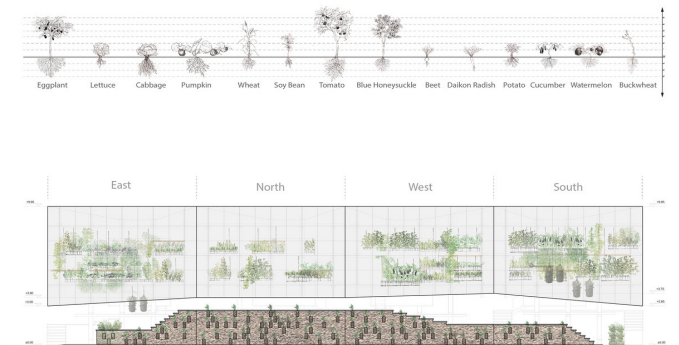
Στο επίπεδο του πρώτου και δευτέρου ορόφου, τα διασταυρούμενα στηρίγματα βιδώνονται στις χαλύβδινες πλάκες. Αυτή η διασταύρωση, σε συνδυασμό με τις συνδέσεις, και τις ράμπες στα επίπεδα του τρίτου και του τετάρτου ορόφου, παρέχουν την απαραίτητη πλευρική αντίσταση κατά των σεισμικών φορτίσεων και των ανεμοπιέσεων. Η τετραώροφη αυτή δομή βρίσκεται σε ένα τσιμεντένιο τοίχωμα ύψους περίπου 2,5 μέτρων, το οποίο περικλείει το ισόγειο και βοηθά στην προστασία της ξυλείας από την υγρασία. Ο τοίχος στη βάση της κατασκευής εμποδίζει τους συνήθεις βορειοδυτικούς χειμερινούς ανέμους.

Εικ 6.4.3: Λεπτομέρεια συνδεσμολογίας κατασκευής

Εξωτερικό περίβλημα

Το έργο εκμεταλλεύεται τα διαφανή κυματοειδή πλαστικά φύλλα της πρόσοψης και της οροφής, επιτρέποντας τον φυσικό φωτισμό για την ανάπτυξη των φυτών και τη θέρμανση του χώρου κατά τους ψυχρότερους μήνες, εντείνοντας τη χρησικότητά του. Ταυτόχρονα, τα συρόμενα πάνελ, ανοίγουν για να διευκολύνουν την κίνηση του αέρα μέσω της δομής και να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τον ηλιασμό. Η πλατφόρμα τσαγιού, η οποία βρίσκεται στο κέντρο της φωλιάς, διατηρεί τον ζεστό αέρα, κατά τους ψυχρότερους μήνες, και δημιουργεί μια διαμπερώς αεριζόμενη περιοχή κατά τους ζεστούς καλοκαιρινούς μήνες.

Εικ 6.4.4: Λεπτομέρεια κομποστοποίησης

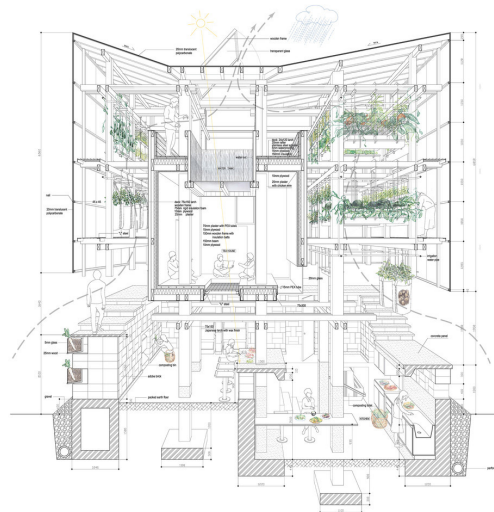
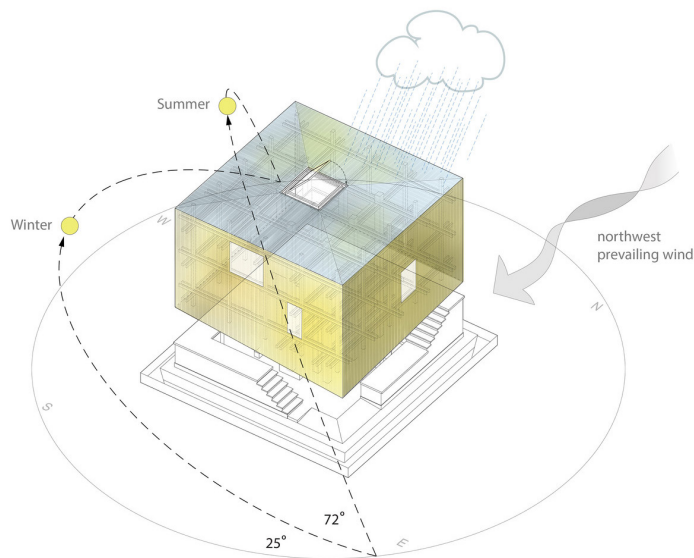


Εικ 6.4.5: Εξωτερικό περίβλημα κατασκευής

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Το άνοιγμα της πρόσοψης επιτρέπει στο κτίριο να ενσωματώσει το φυσικό περιβάλλον που βρίσκεται τριγύρω στο εσωτερικό κλίμα, αλλά επιπλέον, εάν κάποιος επιθυμεί, μπορεί να το κλείσει δημιουργώντας έτσι ένα περίβλημα μεταξύ των δυο. Η οροφή, η οποία έχει σχήμα σαν φουγάρο, συλλέγει το νερό της βροχής και λιώνει το χιόνι. Το νερό που συλλέγεται αποθηκεύεται σε δεξαμενές και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την ύδρευση των φυτών στον μπετονένιο τοίχο. Το σχήμα σηματοδοτεί την ικανότητα της “Φωλιάς” να φέρει τη φύση με τη μορφή αέρα, νερού και φωτός μέσα στην κατασκευή.

Το πρόγραμμα του Nest We Grow αποφασίστηκε σύμφωνα με τον κύκλο ζωής των τοπικών προϊόντων: καλλιέργεια, συγκομιδή, αποθήκευση, μαγείρεμα/φαγητό και κομποστοποίηση. Όλα τα μέλη της κοινότητας βοήθησαν ώστε να ολοκληρωθεί κάθε στάδιο, επιτρέποντας στην κατασκευή να αποτελέσει μια πλατφόρμα για ομαδικές δραστηριότητες μάθησης και συγκέντρωσης καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους. Η συμμετοχή της κοινότητας επεκτείνεται και ολοκληρώνει τον κύκλο ζωής των τοπικών τροφίμων, που είναι μία συμβιωτική σχέση.



Εικ. 6.4.6, 7: Βιοκλιματικός σχεδιασμός κατασκευής / Τρισδιάστατη τομή

6.5. The Circular Economy Building

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Η Arup είναι μια ανεξάρτητη εταιρία σχεδιαστών, μηχανικών, αρχιτεκτόνων, συμβούλων και τεχνικών ειδικών, που εργάζεται σε όλες τις πτυχές του σημερινού δομημένου περιβάλλοντος. Η εταιρία ιδρύθηκε το 1946 από τον Sir Ove Arup, έναν Δανό - Άγγλο μηχανικό. Τα έργα τους ποικίλουν. Ειδικεύονται σε θέματα πόλης, ενέργειας, μεταφοράς, νερού και του ψηφιακού κόσμου.

Έξι είναι οι στόχοι και οι αρχές που ορίζονται από τον Sir Ove (Arup Associates, 2020):

1. Ποιότητα δουλειάς
2. Συνολική αρχιτεκτονική
3. Ανθρωπιστική οργάνωση
4. Ευθείες & έντιμες συναλλαγές
5. Κοινωνική χρησιμότητα
6. Εύλογη ευημερία



Εικ 6.5.1: Απεικόνιση κατασκευής

Σενάριο

Το Circular Economy Building είναι ένα πρωτότυπο που αναπτύχθηκε για το Φεστιβάλ Σχεδιασμού του Λονδίνου από την εταιρία Arup associates. Αποτελεί ένα από τα πρώτα κτίρια στο Ηνωμένο Βασίλειο που σχεδιάστηκαν με βάση τις αρχές της κυκλικής οικονομίας κατά την οποία “όλα τα στοιχεία πρέπει να εφαρμοστούν και να αξιοποιηθούν πλήρως στο δυναμικό τους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, δημιουργώντας ταυτόχρονα ένα άνετο και αισθητικό περιβάλλον για τον χρήστη.”

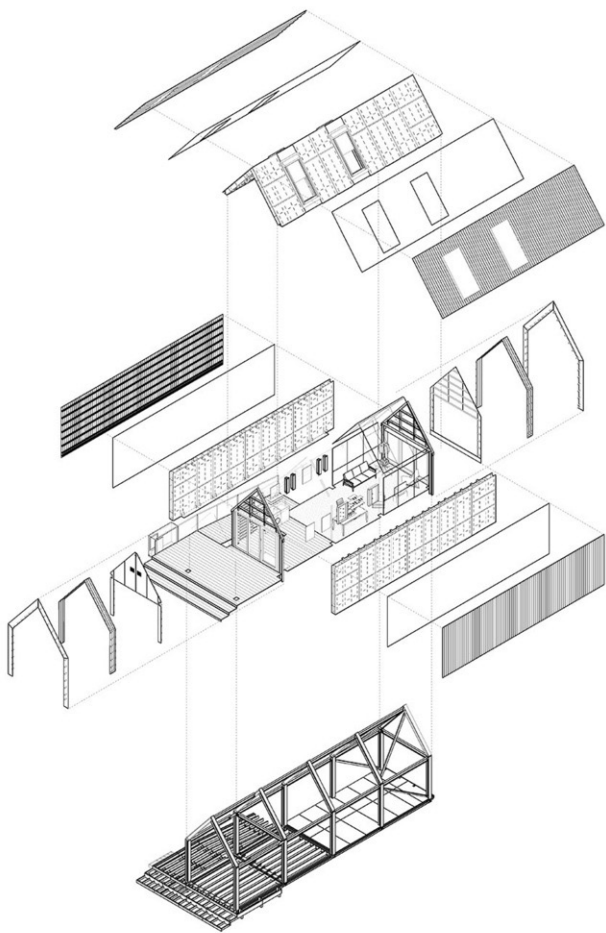
| | |
|-----------------------|---|
| Τόπος | Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο (51°30'26"N 0°7'39"W, 35μ.) |
| Κλίμα | Εύκρατο ωκεάνιο κλίμα-ψυχροί χειμώνες, δροσερά καλοκαίρια |
| Μελετητής | Arup Associates |
| Χρονολογία | 2016 |
| Επιφάνεια | 85m ² |
| Όροφοι | 1 |
| Δομικό σύστημα | χαλύβδινο πλαίσιο, ξύλινη επένδυση |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • Arup Designs Prototype Building Based on Circular Economy Principles, archdaily, 2017 • The circular economy building, archello, 2020 • The circular building, archinet, 2020 |

Φέρων οργανισμός / Υλικά

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της κυκλικής οικονομίας, συνεργάστηκαν σχεδιαστές και μηχανικοί για να βελτιώσουν την εφαρμογή προκατασκευασμένων τεχνικών κατασκευής, παράγοντας βελτιστοποιημένες οικοδομικές λεπτομέρειες αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τις μηχανικές στερεώσεις. Μέσω αυτής της μεθοδολογίας, η ομάδα μπόρεσε να δημιουργήσει ένα σύστημα τοίχων το οποίο προκάλεσε μηδαμινά απόβλητα, ήταν αυτο-υποστηριζόμενο και αποσυναρμολογούμενο (SIPs - structurally integrated panel) με επαναχρησιμοποιήσιμες συνδέσεις μεταξύ του τοίχου και των ανακυκλωμένων στοιχείων από ατσάλινο πλαίσιο. Για την επένδυση και το δάπεδο χρησιμοποιήθηκε ξυλεία βιώσιμης προέλευσης Accoya -ένα είδος ξυλείας θερμικά επεξεργασμένο, με μεγάλη διάρκεια ζωής και βιωσιμότητα-.

Λόγω της ιδιαιτερότητάς του, το έργο σχεδιάστηκε μέσα στο διάστημα των οκτώ εβδομάδων και χρειάστηκαν δύο εβδομάδες για να συναρμολογηθεί στην τοποθεσία που είχε επιλεγεί στο κεντρικό Λονδίνο.

“Οι λεπτομέρειες απομακρύνθηκαν από τους παραδοσιακούς κόμβους γυαλιού, ξύλου ή χάλυβα για να εξασφαλίσει αποτελεσματική συναρμολόγηση, σε στυλ «επίπεδης συσκευασίας». Κάθε πάνελ αποτελείτο



Εικ 6.5.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση συναρμολόγησης κατασκευής

από μια σειρά κομματιών τα οποία είχαν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτά τα κομμάτια υπολογίστηκαν μέσω διαφόρων υπολογιστικών επαναλήψεων για να καταστηθούν όσο το δυνατόν πιο επαναλαμβανόμενα. Σε κάθε στοιχείο δόθηκε ένας ατομικός κωδικός QR πριν μεταφερθεί στην τοποθεσία.”

Εσωτερικοί χώροι

Όσον αφορά τον εσωτερικό όγκο του κτιρίου είναι χωρισμένος σε τρεις συνεχείς ζώνες, αντικατοπτρίζοντας τον τρόπο με τον οποίο η κυκλική οικονομία θα μπορούσε να διαμορφώσει διαβίωση, εργασία και δημόσιο χώρο. Σύμφωνα με τον Arup σε μία προσωπική του δήλωση σε δελτίο τύπου: “Η ζώνη διαβίωσης είναι “κουκουλωμένη-cocooned” από ένα ακουστικό σύστημα τοίχου, κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου από ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια, ένα υλικό που μπορεί να αναμορφωθεί ξανά και ξανά. Ο σταθμός εργασίας ενσωμάτωσε τα στοιχεία έργου του “Arup’s ‘s all about the Desk”. Πρόκειται για ένα σύστημα που χρησιμοποιεί αισθητήρες για την παρακολούθηση των στοιχείων του εσωτερικού, μεταδίδοντας δεδομένα σε ένα σύστημα νέφους (cloud) που συνδέει τους λειτουργικούς φεγγίτες, τις περσίδες και το σύστημα φωτισμού, δημιουργώντας ένα βελτιστοποιημένο περιβάλλον.”

Τα φινιρίσματα και τα εξαρτήματα στο εσωτερικό επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί ένα άνετο και φυσικό περιβάλλον. Το χαλί επεστράφη στον προμηθευτή του, Desso.

Μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού, απαιτήθηκε

εκτεταμένη έρευνα και δοκιμή υλικών για να διασφαλιστεί η κυκλικότητα. Αυτές οι πληροφορίες αποτέλεσαν έτσι μια Βάση Δεδομένων Υλικών και ένα κατάλογο έκθεσης, «συγκεντρώνοντας για πρώτη φορά πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή, την ουσία και την επόμενη χρήση κάθε περιουσιακού στοιχείου», που παρακολουθούνταν μέσω κώδικα QR.

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Το συγκεκριμένο παράδειγμα είναι ο ορισμός του κυκλικού κτιρίου. Κατασκευάστηκε από υλικά φιλικά προς το περιβάλλον, δημιούργησε μηδενικά απόβλητα και υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης όλων των στοιχείων του. Πρόκειται για ένα ρηξικέλευθο παράδειγμα το οποίο δείχνει πως η αρχιτεκτονική και ο σχεδιασμός μπορούν να εξασφαλίσουν μία πιο κυκλική βιομηχανία.



Εικ 6.5.3: Απεικόνιση εσωτερικού κατασκευής

6.6. House 02- Counter City

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

HALICE είναι ένα εργαστήριο αρχιτεκτονικού σχεδιασμού της Πολυτεχνικής Σχολής της Λωζάνης που εστιάζει στον χώρο και είναι υπεύθυνο “στούντιο σχεδιασμού” του πρώτου έτους. Το εργαστήριο οδηγεί σε μια σειρά από έρευνες από σχέδια μελέτης που δημιουργούν συνδέσμους μεταξύ εκπαίδευσης, κοινωνικού χώρου, σχεδιαστικής σκέψης, αρχιτεκτονικών εργαλείων και δημόσιου χώρου.

Το εργαστήριο, σε συνεργασία με τη Σχολή Τέχνης της Ζυρίχης, διοργάνωσε μια σειρά εκδηλώσεων στο Toni-Aerial της Ζυρίχης, το καλοκαίρι του 2017.



Εικ 6.6.1: Απεικόνιση κατασκευής

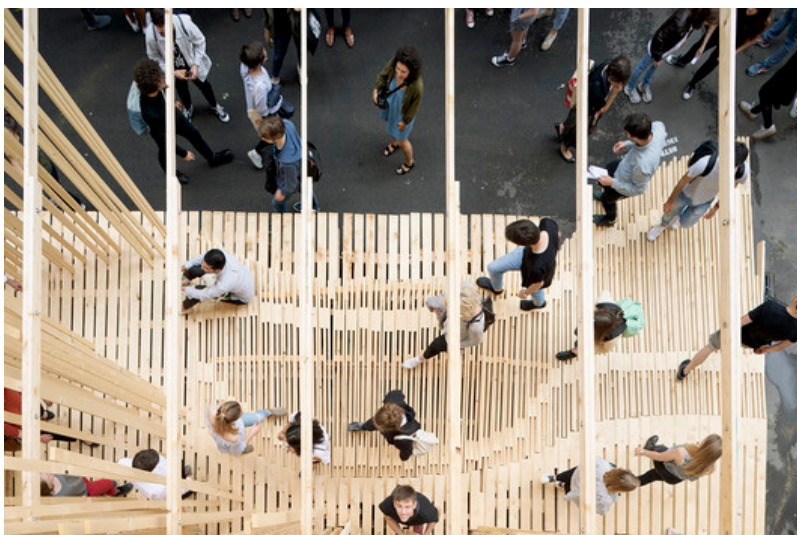
Σενάριο

Το έργο House 02 πρόκειται για μια δημόσια αρχιτεκτονική εγκατάσταση 240m² και βρίσκεται δίπλα στο εκπαιδευτικό και πολιτιστικό κέντρο, Toni-Areal, της Ζυρίχης. Βασίζεται σε μια πειραματική μορφή για συνεργατικό σχεδιασμό και κατασκευή, με επικεφαλής τον διευθυντή Dieter Dietz και άλλους 200 πρωτοετείς μαθητές.

| | |
|-----------------------|---|
| Τόπος | Τόνι-Άρεαλ, Ζυρίχη, Ελβετία (47°22'0"N 8°33'0"E, 408μ.) |
| Κλίμα | Ψυχρό και ξηρό |
| Μελετητής | ALICE |
| Χρονολογία | 2017 |
| Επιφάνεια | 240m ² |
| Όροφοι | 1 |
| Δομικό σύστημα | ξύλινη κατασκευή |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • HOUSE 2 – COUNTER CITY: A FORUM INSTALLATION, ZÜRICH, EPFL, 2017 • HOUSE 2 - COUNTER CITY, world architects, 2017 • House 2 - Counter City / Alice, archdaily, 2017 |

Γενικά Στοιχεία

Το προηγούμενο έτος, είχαν κάνει ένα αντίστοιχο πείραμα, το HOUSE 1. Επρόκειτο για τη διαμόρφωση ενός αρχέτυπου σπιτιού που δημιουργήθηκε συλλογικά ως μια κατάσταση in-vitro: μια εγκατάσταση στην πανεπιστημιούπολη της Λωζάνης, από φοιτητές για φοιτητές. Τα δωμάτια του HOUSE 1 ασχολήθηκαν κατά βάση με τη διαμόρφωση μια σειράς εσωτερικών σχέσεων. Εν αντιθέσει, το HOUSE 2 έχει εξελιχθεί, στρέφεται προς τα έξω, θέτει το εαυτό του σε σχέση με την πόλη και γίνεται ένα κοινό μέρος δραστηριότητας και αστικής συμμετοχής. Οι εκδηλώσεις, διάρκειας 3 εβδομάδων, που πραγματοποιήθηκαν στο έργο περιελάμβαναν ξεναγήσεις, θεατρικές και μουσικές παραστάσεις, εγκατάσταση ήχου, συμπόσια, φοιτητικές κριτικές και εκθέσεις, καθώς και έναν υπαίθριο κινηματογράφο. Σύμφωνα με τον Dieter Dietz “μέσω αυτών των δραστηριοτήτων, το HOUSE 2 επεκτείνει την πρακτική της συνεργασίας στη δημόσια σφαίρα της πόλης. Ως εγκατάσταση Φόρουμ, παρέχει χώρο για ενεργητικές ανταλλαγές, διαλόγους και συζητήσεις που αφορούν ολόκληρη την κοινότητα.



Φέρων οργανισμός / Υλικά

Οι 200 μαθητές της σχολής, προετοίμασαν όλα τα δομημένα στοιχεία της εγκατάστασης στη Λωζάνη και τα μετέφεραν μέσα σε έξι εμπορευματοκιβώτια αποστολής. Τα εκφόρτωσαν και τα επανασυναρμολόγησαν στην τοποθεσία και χρειάστηκε μονάχα 10 ημέρες για να ανεγερθεί. Η δομή αυτή θα παραμείνει μέχρι το φθινόπωρο κι έπειτα θα αποσυναρμολογηθεί και το ξύλο θα διατηρηθεί ώστε να αναδιαμορφωθεί για το HOUSE 3 του 2018. Είναι αφιερωμένη σε κοινωνικές και πολιτιστικές εκδηλώσεις. Ο καθ' ένα προσφέρει τη δική του προσέγγιση στη χωρική εκμετάλλευση, μέσα από μια διαδικασία διαλόγου η οποία αμφισβητεί την ποιότητα της δημόσιας ζωής λαμβάνοντας υπόψη τις αναπτυσσόμενες πόλεις ανά τον κόσμο. Σχετικά με το βιβλίο "Together" του Richard Sennett, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην έννοια της συλλογικότητας και της διαπραγμάτευσης του χώρου κοινωνικής διαφοράς.



Εικ 6.6.2,3: Άποψη κατασκευής από πάνω / Λεπτομέρεια κατασκευής

6.7. The Urban Village project

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Οι EFFEKT είναι μια αρχιτεκτονική ομάδα με έδρα την Κοπεγχάγη της Δανίας, που δραστηριοποιείται στους τομείς της αρχιτεκτονικής, του αστικού σχεδιασμού και της έρευνας. Η εταιρεία ιδρύθηκε το 2007 από τους Tue Foged και Sinus Lyngbe. Στα δανικά η λέξη EFFEKT μεταφράζεται ως “αντίκτυπο”. Σύμφωνα με εκείνους, “Στόχος μας είναι να δημιουργήσουμε μια διαρκή κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική επίδραση με ό,τι μπορούμε και πάντα σκεφτόμαστε τα έργα μας σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο πλαίσιο, δημιουργώντας κοινωνική αξία.”

Οι SPACE10 είναι ένα παγκόσμιο εργαστήριο έρευνας και σχεδιασμού του IKEA. Η αποστολή του είναι να δημιουργήσει μια καλύτερη καθημερινή ζωή για τους ανθρώπους και τον πλανήτη. “Φέρνουμε νέες προοπτικές και σχεδιάζουμε νέες λύσεις που επιτρέπουν στο IKEA να ανταποκριθεί στην αρχική τους υπόσχεση να δημιουργήσει μια καλύτερη καθημερινότητα για πολλούς ανθρώπους.”



Εικ 6.7.1: Φωτορεαλιστική απεικόνιση χωριού

Σενάριο

Το έργο The Urban Village Project αφορά ένα οραματικό μοντέλο για την ανάπτυξη βιώσιμων, προσιτών και κατοικήσιμων κατοικιών για ανθρώπους ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με τους συνεργάτες EFFEKT, SPACE10 & IKEA “είναι σαφές ότι αν δεν ξανασκεφτούμε το δομημένο περιβάλλον μας, οι πόλεις μας θα γίνουν όλο και περισσότερο μη βιώσιμες, απρόσιτες και κοινωνικά άνισες”. Πιστεύουν ότι οι πόλεις στον κόσμο αντιμετωπίζουν μεγάλες προκλήσεις οι οποίες αφορούν την ταχεία αστικοποίηση, τη “γήρανση” του πληθυσμού, τη μοναξιά, την κλιματική αλλαγή και την έλλειψη προσιτής στέγασης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποιο υλοποιημένο παράδειγμα.

| | |
|-----------------------|--|
| Τόπος | Παγκόσμια - Χωρίς τόπο |
| Κλίμα | Διαφορετικοί τύποι κλίματος |
| Μελετητής | EFFEKT & SPACE10 |
| Χρονολογία | 2018 |
| Επιφάνεια | Μεταβαλλόμενη, αυξομειώμενη |
| Όροφοι | Μεταβαλλόμενοι, αυξομειώμενοι |
| Δομικό σύστημα | ξύλινες κατασκευές |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none"> • About, SPACE10, 2020 • IKEA Explores Future Urban Living for the Many, archdaily, 2019 • Office, EFFEKT, 2020 • The Urban Village Project: A Vision for Liveable, Sustainable and Affordable Homes, SPACE10, 2018 • The Urban Village Project: A Vision for Liveable, Sustainable and Affordable Homes, urbanvillageproject, 2020 • Urban Village Project, EFFEKT, 2018 |

Γενικά Στοιχεία

Το έργο έχει τη δυνατότητα να αντιμετωπίσει μερικές από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της παγκόσμιας στεγαστικής κρίσης, καθιστώντας τη προσιτή και βιώσιμη. Δημιουργεί ποικίλες και περιεκτικές αστικές κοινότητες, μειώνοντας αισθητά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των κτιρίων και ανακουφίζοντας δυναμικά τις δημοτικές και εθνικές κυβερνήσεις στις υπάρχουσες παγκόσμιες οικονομικές αλλαγές. Αξιοσημείωτο είναι ότι το έργο δεν έχει σχεδιαστεί για να κατασκευαστεί σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αντιθέτως, μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στον πλανήτη και το μέγεθός του είναι μεταβαλλόμενο.

Θέλουν να δημιουργήσουν ένα βιώσιμο περιβάλλον το οποίο να ταιριάζει στις μοναδικές επιθυμίες του καθενός, να προσαρμόζεται στην καθημερινότητα και να προσφέρει τα συστήματα υποστήριξης και κοινωνικής ζωής. Το έργο στοχεύει προς αυτό “ξεκλειδώνοντας” τα πολλαπλά οφέλη της ζωής σε μια κοινότητα, προσφέροντας ευελιξία και καλλιεργώντας την αίσθηση του “ανηκείν”.

Φέρων οργανισμός / Υλικά

«Τα αστικά χωριά βασίζονται σε ένα αρθρωτό σύστημα οικοδόμησης που μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τυπολογιών στέγασης για διαφορετικά αστικά περιβάλλοντα". Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για αποσυναρμολόγηση, ξεκλειδώνοντας έναν πραγματικά κυκλικό βρόχο όπου τα δομικά στοιχεία και τα υλικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να αντικατασταθούν αντί να σπαταληθούν. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα παιχνίδι αλλαγής για την οικοδομική βιομηχανία." λέει ο Sinus Lynge, συνεργάτης, EFFEKT Architects.

Το έργο Urban Village προβλέπει :

1. Ένα αρθρωτό ξύλινο δομικό σύστημα σχεδιασμένο για αποσυναρμολόγηση, αντικατάσταση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση, το οποίο μπορεί να είναι προκατασκευασμένο, με επίπεδη συσκευασία και γρήγορη συναρμολόγηση επιτόπου. Αυτό διασφαλίζει μια πιο βιώσιμη και κατασκευαστική μέθοδο, μείωση εκπομπών CO₂ και μια κυκλική προσέγγιση στη διαχείριση και τον κύκλο ζωής των κτιρίων μας. Αυτό ωφελεί τόσο τον πλανήτη όσο και τους ανθρώπους, καθώς θα έχουν πολύ περισσότερη ελευθερία και ευελιξία. Τους δίνεται η δυνατότητα να επεξεργαστούν



Εικ 6.7.2: Λεπτομέρειες στοιχείων που απαρτίζουν την κατασκευή

το σπίτι τους όπως επιθυμούν - για παράδειγμα την ενσωμάτωση ενός παραθύρου από το δάπεδο μέχρι την οροφή, ενός μπαλκόνι ή μιας νέας κουζίνας.

2. Ένα νέο χρηματοοικονομικό μοντέλο που μειώνει δραστικά την είσοδο στην αγορά κατοικιών, καθιστώντας τη στέγαση υψηλής ποιότητας προσιτή για χρήστες όλων των κατηγοριών εισοδήματος, αποκαθιστώντας ταυτόχρονα τη σύνδεση μεταξύ του εργολάβου και του καταναλωτή.
3. Κοινόχρηστες κοινότητες πολλαπλών γενεών στις καρδιές των πόλεων με ευέλικτες, υψηλής ποιότητας κατοικίες που συνδέονται με μια ποικιλία κοινών υπηρεσιών και εγκαταστάσεων και μια ψηφιακή διεπαφή για την υποστήριξη καθημερινών αναγκών.
4. Σπίτια κατασκευασμένα από ξύλο με αρθρωτές συνδέσεις, με τεράστια περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το σκυρόδεμα και το χάλυβα.

Εξωτερικοί / Εσωτερικοί χώροι

Όσον αφορά τη “Διαβίωση”, αυτό επιτυγχάνεται με τα παρακάτω:

Κοινωνικές κοινότητες πολλαπλών γενεών που ζουν στην καρδιά των πόλεων. Το έργο Urban Village θα συνδυάσει την ιδιωτική ζωή με τους κοινόχρηστους χώρους που επιτρέπουν στους ανθρώπους να είναι μέρος μιας ζωντανής κοινότητας και να απολαμβάνουν έναν κοινωνικό τρόπο ζωής όπου ζουν.

Ευέλικτα σπίτια για ζωή. Προσφέρουν πολλούς τύπους διαμερισμάτων αντί για τυπικά, οικογενειακά σπίτια. Υπάρχουν τυπολογίες για ένα άτομο, για πολυμελή οικογένεια, για συνταξιούχο ζευγάρι ή για ομάδα μαθητών. Παράλληλα, εάν κάποιος χρειαστεί διαφορετικό χώρο διαβίωσης, θα μπορούσε να κάνει ανταλλαγή διαμερίσματος με κάποιον που αναζητά και εκείνος αλλαγή χώρου.



Εικ 6.7.3,4: Φωτορεαλιστικά κοινόχρηστων χώρων



Δίκτυα / Εγκαταστάσεις

Όσον αφορά τις κοινόχρηστες εγκαταστάσεις και υπηρεσίες, το Urban Village Project θα παρέχει πρόσβαση σε ό,τι χρειάζεται κάποιος σε καθημερινή βάση. Κοινόχρηστα δείπνα, κοινή φύλαξη παιδιών, αστική κηπουρική, γυμναστήριο, παντοπωλεία και κοινόχρηστες μεταφορές. Αυτά, αποτελούν δομικά στοιχεία για τη δημιουργία μιας ακμάζουσας κοινότητας και μια υποστηρικτική καθημερινή ζωή για άτομα όλων των ηλικιών, υποβάθρων και καταστάσεων.

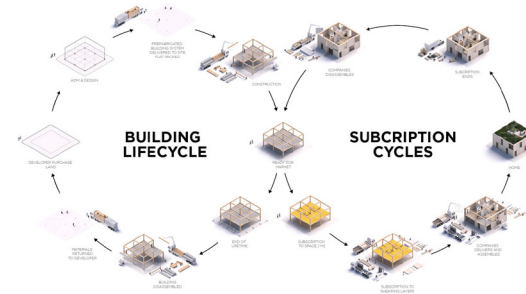
Επίσης, θα μπορούσε κανείς να διαχειριστεί το σπίτι του μέσω μιας ψηφιακής πλατφόρμας. Οι αρχιτέκτονες, έχουν οραματιστεί ένα εργαλείο το οποίο θα επιτρέπει στους κατοίκους να καλλιεργήσουν μια πραγματική κοινότητα και να συνδέονται με τις συνδρομές, τις υπηρεσίες και τις εγκαταστάσεις τους. Επίσης, προτείνουν λύσεις όπως η συλλογή νερού, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η τοπική παραγωγή τροφίμων και η τοπική κομποστοποίηση.

Βιοκλιματικός σχεδιασμός

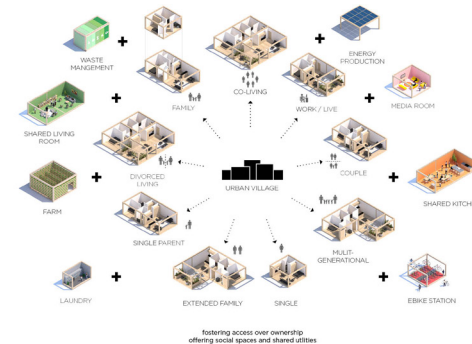
Από την στιγμή που δεν υπάρχει κάποιο υλοποιημένο project προς το παρόν, πρακτικά δεν μπορούμε να το ξέρουμε. Ωστόσο μπορούν να βγουν κάποια συμπεράσματα παρατηρώντας τα φωτορεαλιστικά. Για παράδειγμα, οι οικιστικές μονάδες φαίνεται να εκμεταλλεύονται τον φυσικό φωτισμό. Επίσης υπάρχουν φυτεμένα δώματα. Ταυτόχρονα, για την κατασκευή των δομών αυτών χρησιμοποιεί ξύλο, ένα υλικό κατά βάση οικολογικό. Τέλος, το Urban Village Project προτείνει να μοιράζονται τα αντικείμενα που δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά, όπως για παράδειγμα ένα τρυπάνι. Αυτό θα βοηθούσε να μειωθεί το κόστος ζωής και να αυξηθεί η φροντίδα για τον πλανήτη.



Εικ 6.7.5: Τρισδιάστο φωτορεαλιστικό χωριού



Εικ 6.7.6: Απεικόνιση σταδίων συναρμολόγησης της μονάδας



Εικ 6.7.7: Απεικόνιση τρόπων κατοίκησης σε μια μονάδα

6.8. Circular Garden Pavillion

Γενικά στοιχεία για τον μελετητή

Οι Eva architects φτιάχνουν κτίρια τα οποία τα επεξεργάζονται με “αγάπη και χειροτεχνία”. Μερικές φορές η “χειροτεχνία” που προσδίδουν στα κτίρια τους είναι διακριτική αλλά πάντα έχουν τον μοναδικό τους χαρακτήρα. “Χαρακτήρα γιατί ο χώρος ή το κτίριο σε κινεί, ή σε προκαλεί ή σε εμπνέει.”. Σύμφωνα με εκείνους, το έργο τους βασίζεται σε μια διεξοδική ανάλυση της τοποθεσίας, του προγράμματος και άλλων συγκεκριμένων συνθηκών. Παράλληλα, η βιωσιμότητα, η υλοποίηση και η λεπτομέρεια αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της δουλειάς τους.

Τα αρχικά EVA - En Vele Anderen-, στα ολλανδικά μεταφράζεται ως “και πολλοί άλλοι”. Υποστηρίζουν πως “η οικοδομική δεν μπορεί να γίνει μόνη της”. Για αυτό το λόγο, συνεργάζονται με εξωτερικούς συμβούλους ώστε να υλοποιήσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικ 6.8.1: Απεικόνιση περιπτέρου

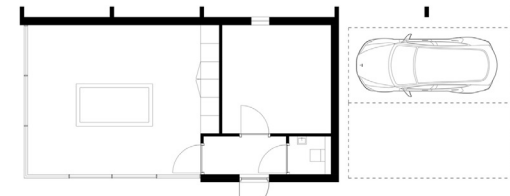
Σενάριο

Το Circular Garden Pavilion βρίσκεται στην Ουτρέχτη της Ολλανδίας και είναι ένα περίπτερο 100m² το οποίο σχεδιάστηκε στον κήπο μιας βίλας ως ξεχωριστό παράρτημα από τους Eva architects το 2020. Ο σχεδιασμός του συγκεκριμένου περιπτέρου είναι εμπνευσμένος από το Case Study House της δεκαετία του '40-60 του περασμένου αιώνα.

Φέρων οργανισμός / Υλικά

Κατά το Case Study House, τα σπίτια αποτελούσαν κυρίως μια αποτελεσματική, γρήγορη και φθηνή κατασκευή. Στο περίπτερο αυτό έχει δοθεί έμφαση στην κυκλική κατασκευή. Το κτίριο έχει μια ορατή κατασκευή, ο χώρος ρέει από το εσωτερικό προς τα έξω και ένας πρόβολος, ο οποίος τρέχει όλο το μήκος του κτιρίου, συνδέει τις διάφορες λειτουργίες. Εκτός από αίθουσα χόμπι / μπιλιάρδου, υπάρχει αποθήκη και θέση parking για το αυτοκίνητο.

Η κατασκευή και η πρόσοψη είναι κατασκευασμένα από ξυλεία βιώσιμης προέλευσης Accoya, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, καθώς επίσης και τα υπόλοιπα υλικά που απαρτίζουν το σπίτι είναι οικολογικά. Κατά το πέρασμα του χρόνου, το κτίριο μπορεί να αποσυναρμολογηθεί πλήρως, όλα τα μέρη του περιλαμβάνονται σε “διαβατήριο υλικού”.



Εικ 6.8.2: Κάτοψη περιπτέρου

| | |
|-----------------------|--|
| Τόπος | Ουτρέχτη, Ολλανδία (52°21'N 04°52'E, 1μ.) |
| Κλίμα | Ωκεάνιο- ήπιοι χειμώνες, δροσερά καλοκαίρια |
| Μελετητής | Eva Architects |
| Χρονολογία | 2020 |
| Επιφάνεια | 100m ² |
| Όροφοι | 1 |
| Δομικό σύστημα | ξύλινη κατασκευή |
| Πηγές | <ul style="list-style-type: none">• Circular Garden Pavillion, archello, 2020• Circular Garden Pavilion / EVA, archdaily, 2020• Profile, e-v-a, χ.ε. |



Εικ 6.8.3,4: Εσωτερικό περιπτερόυ / Απεικόνιση περιβλήματος περιπτερόυ



6.9. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, βγαίνει το συμπέρασμα ότι όλα τα παραδείγματα ακολουθούν τις αρχές του σχεδιασμού για αποσυναρμολόγηση. Στην πλεινότητα, ο φέρων οργανισμός των κατασκευών είναι ξύλινος. Ωστόσο, υπάρχουν και παραδείγματα με μεταλλικά ή χαλύβδινα πλαίσια για τα δομικά συστήματα. Όσον αφορά τον τόπο και το κλίμα που μπορούν να ανοικοδομηθούν τέτοιου είδους κατασκευές, φαίνεται ότι μπορούν να προσαρμοστούν οπουδήποτε -από ψυχρό και ξηρό μέχρι πιο εύκρατο-. Η επιφάνεια και το πλήθος το ορόφων ποικίλλει αναλόγως με τις απαιτήσεις τις κατασκευής. Παρ' όλα αυτά, φαίνεται να μην υπάρχει κάποιος περιοριστικός παράγοντας ως προς το μέγεθος/όγκο.

Ταυτόχρονα, τα παραδείγματα εντάσσουν στο σχεδιασμό τους τη χρήση ανακυκλωμένων ή βιώσιμης προέλευσης υλικών και αρθρωτών συνδέσεων, γεγονός που εντείνει την αποσυναρμολόγηση και την μείωση των οικοδομικών αποβλήτων.

Στο παρακάτω **Διάγραμμα 6.1** συνοψίζονται τα στοιχεία που αναλύθηκαν στο έкаστο παράδειγμα.

| | | R128 House | Nasa's Sustainability Base | Nest we grow | The circular economy building | House 02 | The urban village | Circular garden pavilion |
|---------------------------------|--------------------|------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|----------|-------------------|--------------------------|
| Φέρων οργανισμός | Μέταλλο | ✓ | ✓ | | | | | |
| | Ξύλο | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Σκρόδεμα | | ✓ | | | | | |
| | Χάλυβας | | ✓ | | | | | |
| Εξωτερικό περίβλημα | Γυάλινα πάνελ | ✓ | ✓ | | | | ✓ | |
| | Μεταλλική επένδυση | | ✓ | | | | | |
| | Πλαστικά φύλλα | | | ✓ | | | | |
| | Ξύλο | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Βιοκλιματικός Σχεδιασμός | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | |

Κεφάλαιο

07

*It's a simple approach.
Sustainable architecture looks to the future
by looking at the past.
Stephen Gist*

Συμπεράσματα

Κεφάλαιο 07_Συμπεράσματα

Παρακάτω θα αναλυθούν τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση έχει ταυτόχρονα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, δυνατότητες και απειλές. Για αυτό τον λόγο, προτιμήθηκε μια ανάλυση SWOT (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats) για τα συμπεράσματα.

7.1. Πλεονεκτήματα

7.1.1 Αναγκαιότητα αποσυναρμολόγησης

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται λόγος για την κλιματική αλλαγή και γενικότερα για την οικολογική κρίση που βιώνει ο πλανήτης. Υπάρχουν ποικίλοι λόγοι που έχουν συμβάλει σε αυτή. Ένας από τους πιο σημαντικούς όμως, φαίνεται να αποδίδεται στην οικοδομική δραστηριότητα, η οποία έχει επιβαρύνει το περιβάλλον με τη δημιουργία αμέτρητων αποβλήτων, εκτεταμένων χημικών εκπομπών λόγω των οικοδομικών υλικών, και μόλυνση του αέρα από τις μεταφορές.

Κρίνεται, λοιπόν, απαραίτητος ο επαναπροσδιορισμός της υπάρχουσας νοοτροπίας του κατασκευαστικού κλάδου. Το δομημένο περιβάλλον

πρέπει να υιοθετήσει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και να λειτουργεί ως ένας έμβιος οργανισμός του οικοσυστήματος, όπου τίποτα δεν “απορρίπτεται” και τα πάντα κινούνται σε έναν ατέρμονα βρόχο.

Είναι πλέον αδιαμφισβήτητο ότι η αποσυναρμολόγηση είναι μια εναλλακτική βιώσιμη λύση, σε αντίθεση με την κατεδάφιση. Η εκτέλεση της αποδόμησης και η εξάσκηση της θεωρίας του Design for Disassembly μπορούν να επαναφέρουν τα απορρίμματα στον κύκλο ζωής του κτιρίου, εξοικονομώντας έτσι πόρους, ενέργεια και χώρο στους χώρους υγειονομικής ταφής, καθώς και περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Για να βελτιωθεί η σκοπιμότητα της αποδόμησης, χρειάζονται καινοτόμοι εξοπλισμοί και εκμάθηση των μεθόδων διαλογής και χειρισμού του εξοπλισμού.

Όπως έχει ειπωθεί, για να επιτευχθεί ο σκοπός της αποσυναρμολόγησης πρέπει να πληρούνται κάποιες αρχές όπως η απλοποίηση του φέροντα οργανισμού σε ένα πιο τυποποιημένο πλέγμα, χρήση ανθεκτικών υλικών με προτεινόμενες μεθόδους αποδόμησης, απλοποίηση των συνδέσεων ώστε να μειωθεί η χρήση των εργαλείων, προσβάσιμες η/μ εγκαταστάσεις από τους ειδικούς, ελαφριά υλικά πιο “κοντά” στην ανθρώπινη κλίμακα και τέλος πλήρεις λεπτομέρειες και προδιαγραφές της διάρκειας ζωής του εκάστοτε υλικού. Ταυτόχρονα,

μπορεί να υιοθετηθεί η κατασκευή κτιρίων με μεγάλη προσαρμοστική ικανότητα ως προς τους χώρους τους και την αυξομείωση του μεγέθους τους.

7.1.2. Αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησης

Από τη σκοπιά της βιομηχανικής οικολογίας, τα απόβλητα μπορούν να οριστούν ως πόροι σε λάθος μέρος, πόροι που έχουν “παραστρατήσει”. Ο στόχος είναι να επιστρέψουν όλοι οι πόροι σε έναν κλειστό βρόχο όπου κυκλοφορούν μέσα στο ανθρώπινο οικονομικό σύστημα, έτσι ώστε η εξόρυξη νέων πρώτων υλών, καθώς και τα τελικά απορριπτόμενα απόβλητα να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο (McDonough and Braungart, 2002).

Ο τρόπος παραγωγής και χρήσης των οικοδομικών υλικών επηρεάζουν με τη σειρά τους τη διαμόρφωση και τη διαχείριση του δομημένου περιβάλλοντος. Θα πρέπει έτσι να εφαρμόζεται περισσότερο η επαναχρησιμοποίηση μειώνοντας τον υπερβολικό όγκο των απορριμμάτων. Προϊόντα τα οποία δεν έχουν φτάσει ακόμη στο τέλος της ζωής τους μπορούν να επανενταχθούν στον κύκλο ζωής των υλικών. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να προτιμάται η χρήση πιο οικολογικών υλικών όπως το ξύλο, ή προϊόντα τα οποία δεν έχουν υποστεί επεξεργασία έτσι

ώστε κατ'αρχάς να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον και κατά δεύτερον να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν κάπου αλλού. Άλλωστε, αυτό συνέβαινε ήδη από την αρχαιότητα. Οι άνθρωποι έφτιαχναν τη στέγη τους από φυσικά υλικά που έβρισκαν στο περιβάλλον και τα διαμόρφωναν αναλόγως τις ανάγκες τους.

7.2. Μειονεκτήματα

Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση πέραν από πλεονεκτήματα έχει και μειονεκτήματα.

Η αποδόμηση απαιτεί έντονη χειρωνακτική εργασία και καταρτισμένους ανθρώπους. Αυτό την καθιστά αρκετά χρονοβόρα σε σχέση με την κατεδάφιση καθώς απαιτεί λεπτομερή αποσυναρμολόγηση και σεβασμό όλων των υπαρχόντων υλικών και στοιχείων που προϋπήρχαν στο κτίριο. Επίσης, καθώς η αποδόμηση δεν είναι μια τεχνική ευρέως υιοθετημένη, αυτο την καθιστά αρκετά πιο κοστοβόρα σε σχέση με την απλή κατεδάφιση και για αυτό δεν προτιμάται.

Τέλος, η αποσυναρμολόγηση καθίσταται δύσκολη έως αδύνατη όταν πρόκειται για υλικά που είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν λόγω της σύνθεσής τους.

7.3. Δυνατότητες

7.3.1 Η συμβολή του καθενός

Ο σχεδιασμός με βάση την αποσυναρμολόγηση αποτελεί ακόμη μια πρωτόγνωρη προσέγγιση της σχεδιαστικής διαδικασίας. Ένας καλός αρχιτέκτονας, όμως, οφείλει να εξελίσσεται και να παραμένει ενημερωμένος αδιάκοπα. Για αυτό το λόγο, θα πρέπει να προσθέτει στο σχεδιασμό του νέες αρχές και πρακτικές οι οποίες συνδυάζονται και επιστρατεύονται με κύριο στόχο τη βιωσιμότητα. Ταυτόχρονα, χρειάζεται να περατωθεί μια διεπιστημονική προσέγγιση της συνολικής διαδικασίας, κάτι που επιβάλλει τη συνεργασία και την επικοινωνία με επιστήμονες διαφόρων τομέων. Όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω, η αρχή της βιωσιμότητας “ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες”. Συνεπώς ένας αρχιτέκτονας παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της αειφορίας, καθώς ένα κτίριο μπορεί να έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Πέραν από τον αρχιτέκτονα/σχεδιαστή, ο κάθε ένας ξεχωριστά πρέπει να συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. Όπως κάποιος θέλει και προσπαθεί να διατηρεί το σπίτι του καθαρό και τακτοποιημένο, έτσι πρέπει να αντιδρά και με τον πλανήτη. Ο πλανήτης

δεν ανήκει σε κανέναν. Παρ’ όλα αυτά, εδώ και πολλά εκατομμύρια χρόνια “φιλοξενεί” το ανθρώπινο είδος και του παρέχει “στέγη” ατέρμονα. Συνεπώς, ο άνθρωπος οφείλει να δείχνει ευγνωμοσύνη και να το προστατεύει. Προκύπτει λοιπόν μια πρόκληση για τον αρχιτέκτονα καθώς είναι πολύ πιθανό να συνεργαστεί με άτομα “δύσπιστα” ως προς την αειφορία καθώς υποστηρίζουν πως η κλιματική αλλαγή είναι κάτι το οποίο δεν επηρεάζει την τωρινή γενιά άμεσα. Γι’ αυτό το λόγο η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των πολιτών κρίνεται μείζονος σημασίας.

Οι νέες απαιτήσεις στον σχεδιαστικό και κατασκευαστικό τομέα με γνώμονα την βιωσιμότητα, θα διαμορφώσουν νέες συνθήκες στην αγορά, καθώς προτείνεται η στροφή προς ποιοτικά χαρακτηριστικά ως προς τη ζήτηση κατασκευαστικών προϊόντων. Εκτιμάται παράλληλα ότι θα διαμορφωθούν νέες αντιλήψεις και συμπεριφορές που θα οδηγήσουν σε σταδιακή αλλαγή των προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης ποικίλων τομέων. Παράλληλα, αναμένεται η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον κατασκευαστικό τομέα. Συνέπεια των ανωτέρω αποτελεί η βελτίωση της ποιότητας στην κατασκευή αλλά και των συνθηκών διαβίωσης στα κτίρια. Επίσης, προβλέπεται η ενίσχυση της εθνικής οικονομίας μέσω επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης, εξοικονόμησης ενέργειας αλλά

και φυσικών πόρων, καθώς και την αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας (Οικονόμου, Μητούλα, 2010, σελ.199).

Κάθε υλικό έχει αποτύπωμα πόρου και αποτύπωμα ρύπανσης, ιδίως κατά την παραγωγή. Πολλά από αυτά μπορούν να αποφευχθούν με την ανακύκλωση προϊόντων αντί για την παραγωγή νέων υλικών και προϊόντων. Ένα προϊόν που μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί είναι συνήθως προτιμότερο από ένα προϊόν που είναι αρχικά αρκετά «πράσινο», αλλά δεν μπορεί να ανακυκλωθεί. Στην οικοδομική βιομηχανία, πολλά τρέχοντα προϊόντα και υλικά έχουν τόσο χαμηλή αντοχή όσο και χαμηλό δυναμικό ανακύκλωσης. Υπάρχουν άλλα που μπορούν να ανακυκλωθούν πολλές φορές, όμως σε πολλές περιπτώσεις αυτό γίνεται σπάνια.

7.3.2. Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση είναι μια σχεδιαστική λύση περιβαλλοντικά φιλική. Όπως ειπώθηκε στο 7.3.1., χρειάζεται μια διεπιστημονική προσέγγιση του σχεδιασμού των κτιρίων. Έτσι, μέσω του συνδυασμού του Design for Disassembly μαζί με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό μπορεί να προκύψει το "υπέρτατο" παράδειγμα μιας κατασκευής με

περιβαλλοντικά φιλικές προθέσεις.

“Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει άμεσα στην προσαρμογή των κτιρίων στο φυσικό περιβάλλον και το τοπικό κλίμα, επιδιώκοντας τον περιορισμό στην κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνετης διαβίωσης των χρηστών.” (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017, σελ.15).

Βασική προϋπόθεση αποτελεί η αξιοποίηση των τοπικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, η χρήση της τοπικής ενέργειας υπό ανανεώσιμη και συνεπώς ανεξάντλητη μορφή. Οι αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε **Χειμερινή περίοδο-Περίοδος θέρμανσης** και σε **Θερινή περίοδο-Περίοδος δροσισμού**.

Πιο συγκεκριμένα, από τα στοιχεία του κλίματος αξιοποιήσιμα είναι:

- η ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα και αντίστροφα
- η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι για τον φυσικό δροσισμό του χώρου.

Εν αντιθέσει, οι ψυχροί χειμωνιάτικοι άνεμοι πρέπει να αποφεύγονται, καθώς και η επίδραση της έντονης ακτινοβολίας του ήλιου το καλοκαίρι. Οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου το κτίριο να ανταποκρίνεται στη βιοκλιματική αντίληψη έχουν ως εξής (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017, σελ.60):

- το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα
- το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- το κτίριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- το κτίριο να λειτουργεί ως κέλυφος προστασίας και αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι

Συνεπώς, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποσκοπεί στην προσαρμογή των κτιρίων στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, διασφαλίζοντας παράλληλα τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017, σελ.59). Με την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων τον χειμώνα, εξασφαλίζει τον ηλιασμό και ταυτόχρονα τη μείωση των θερμικών απωλειών. Αξιοσημείωτο είναι ότι στο κτίριο

εισέρχεται φυσικός φωτισμός καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου. Από την άλλη πλευρά, το καλοκαίρι η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων και η εξασφάλιση της ηλιοπροστασίας του κτιρίου, επιτυγχάνουν τον φυσικό αερισμό και δροσισμό και κατέπεκταση τη μείωση ανάγκης χρήση ψυκτικών μέσων. Όλοι αυτοί οι παράγοντες φαίνεται να περιστρέφονται γύρω από δύο άξονες: το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Όσον αφορά το περιβάλλον, συμβάλλουν στον περιορισμό της ρύπανσης, και ταυτόχρονα βελτιστοποιούν το μικροκλίμα του κτιρίου με τις συνθήκες άνετης διαβίωσης των χρηστών.

Σύμφωνα με την Ανδρεαδάκη-Χρονάκη (2017, σελ.15), “Δεν πρόκειται για μια αρχιτεκτονική με έντονα τεχνολογικά χαρακτηριστικά, αλλά, αντιθέτως, για μια φιλική προς το περιβάλλον και τους χρήστες αρχιτεκτονική, για μια νέα θεώρηση της δόμησης, αναπόφευκτης δραστηριότητας του ανθρώπου, η οποία όμως οφείλει να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο.”

7.3.3. Νομοθεσία / Κανονισμοί / Πρότυπα

Δεδομένου ότι οι άνθρωποι πλέον έχουν στραφεί προς μια πιο βιώσιμη προσέγγιση των πραγμάτων, ως

αποτέλεσμα έχει ξεκινήσει και υπάρχει ένα στοιχειώδες υπόβαθρο από τη νομοθεσία.

Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση ξεκίνησε με προϊόντα. Τα προϊόντα είναι λιγότερο περίπλοκα, λιγότερο ανθεκτικά και πιο “κινητά” από τα κτίρια. Έτσι η τεχνολογία αποσυναρμολόγησης των προϊόντων έχει εξελιχθεί περισσότερο. Το καλύτερο μέρος για να ξεκινήσει μια εξήγηση για την αποσυναρμολόγηση του προϊόντος είναι με τον Νόμο για την Εκτεταμένη Ευθύνη Παραγωγού (EPR), την Οδηγία 2000/53 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και τον επακόλουθο Νόμο Οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής της Γερμανίας του 2002 (βλ. Επίσης το Waste Electrical and Οδηγία για τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό (ΑΗΗΕ), η οποία θεσπίστηκε ως νόμος της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2003). Αυτοί οι νόμοι και οι οδηγίες υποχρεώνουν τους κατασκευαστές να αποσύρουν τα προϊόντα τους μετά την αγορά τους από τους καταναλωτές αντί να τους αφήσουν να προστεθούν ανεύθυνα σε ήδη υπερχειλισμένους ευρωπαϊκούς χώρους υγειονομικής ταφής (Barkkume, 2008).

7.4. Απειλές

7.4.1. Παράγοντες που δυσκολεύουν την επίτευξη των στόχων

Μερικοί από τους παράγοντες που δυσκολεύουν την επίτευξη των στόχων είναι πρωτίστως η έλλειψη γνώσης και η έλλειψη ενημέρωσης των αρμόδιων και των πολιτών ταυτόχρονα. Ο σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση είναι μια καινοτόμα λύση με αποτέλεσμα οι ειδικοί να μην έχουν ακόμη καταρτιστεί. Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν γνωστά έργα που έχουν κατασκευαστεί εξ αρχής για επιλεκτική αποδόμηση έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη εξειδίκευσης των ατόμων. Παράλληλα, καθώς δεν υπάρχει η κατάλληλη ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται οι τετρημένες σχεδιαστικές λύσεις και τα κτίρια να κατεδαφίζονται χωρίς να αξιοποιούνται τα στοιχεία που το απάρτιζαν.

7.4.2. Κριτήρια επιλογής υλικών

Ένα από τα κριτήρια στα οποία πρέπει να υπακούει ο Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση είναι η επιλογή και η χρήση τοπικών οικοδομικών υλικών, που να είναι φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, μετά από μελέτη των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων τους.

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία εξαρτάται αν το υλικό θα χαρακτηριστεί οικολογικό, είναι κυρίως οι **πρώτες ύλες** που χρησιμοποιήθηκαν, ο **κύκλος ζωής τους** καθώς και η ενέργεια που δαπανήθηκε για την εξόρυξη, την παραγωγή και τη μεταφορά του τελικού προϊόντος. Έτσι, η οικολογική δόμηση συστήνει τη χρήση υλικών, των οποίων οι πρώτες ύλες βρίσκονται σε **αφθονία**, η **διαδικασία παραγωγής** είναι εύκολη (χωρίς μεγάλη κατανάλωση ενέργειας) η **μεταφορά** τους δεν δαπανά πολύ ενέργεια (τοπικά υλικά) και μετά την αφαίρεση τους μπορούν να **βιοδιασπαστούν** (Φραγκούλη, 2010, σελ.156).

Τα υλικά τα οποία θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός κτιρίου, πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις (Φραγκούλη, 2010, σελ.156):

- Να είναι ανακυκλώσιμα και να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν
- Να είναι κατά προτίμηση φυσικά και όχι αποτέλεσμα της χημικής βιομηχανίας, να βρίσκονται σε αφθονία ή είναι να ανανεώσιμα
- Η παρασκευή τους να στοχεύει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και στην μείωση των αερίων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Να είναι τοπικά διαθέσιμα υλικά, ώστε να αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας για μεταφορά στον τόπο χρήσης τους
- Να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Να μην είναι τοξικά ώστε να υπάρχει ένα υγιές περιβάλλον για τους ενοίκους
- Να έχουν καθόλου ή ελάχιστο ποσοστό χημικών εκπομπών (π.χ. πτητικές ουσίες - VOCs)
- Να διαπνέουν για να είναι διαπερατά από τους υδρατμούς

- Η συντήρησή τους να μην εμπεριέχει χημικές διεργασίες
- Να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Ανάλυση SWOT της αποσυναρμολόγησης

| | |
|----------------------|--|
| Πλεονεκτήματα | <ol style="list-style-type: none"> 1. Περιβαλλοντικά φιλική 2. Ευελιξία & Προσαρμοστικότητα 3. Μείωση αποβλήτων 4. Μεγάλη διάρκεια ζωής |
| Μειονεκτήματα | <ol style="list-style-type: none"> 1. Χειρωνακτική εργασία 2. Χρονοβόρα 3. Κοστοβόρα |
| Δυνατότητες | <ol style="list-style-type: none"> 1. Οικολογικά υλικά 2. Ανθεκτικά υλικά 3. Νομοθεσία 4. Ανάπτυξη νέων συστημάτων όπως ενδεικτικά της Yorkon |
| Απειλές | <ol style="list-style-type: none"> 1. Έλλειψη γνώσης 2. Έλλειψη ενημέρωσης 3. Έλλειψη εξειδίκευσης 4. Έλλειψη εμπιστοσύνης 5. Έλλειψη ευαισθητοποίησης 6. Σωστή επιλογή υλικών |

Βιβλιογραφία

α. Ελληνική βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκη-Χρονάκη Ελένη (2017). Βιοκλιματικός σχεδιασμός: Κλιματική αλλαγή, Περιβάλλον, Βιωσιμότητα. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Ανδρεαδάκης Ανδρέας, Πανταζίδου Μαρίνα, Σταθόπουλος Αντώνης Γ. (2008). Περιβαλλοντική τεχνολογία. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.

Αραβαντινός Ι. Αθανάσιος (2007). Πολεοδομικός σχεδιασμός: Για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.

Ανδρικοπούλου Ελένη, Γιαννακού, Αθηνά, Καυκαλάς Γρηγόρης και Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μάγδα (2014). Πόλη και Πολεοδομικές Πρακτικές: Για τη βιώσιμη ανάπτυξη, Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.

Αντωνοδημητράκη Νίκη (2016). Το κτίριο του χτες στο κτίριο του αύριο: μελετώντας το τέλος του κύκλου ζωής των οικοδομικών υλικών στην Ελλάδα, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/42179>

Δημούδη Αργυρώ (2006). Οικολογικά δομικά υλικά, [Online]

Available, <https://docplayer.gr/1013091-Oikologika-domi-ka-ylika.html>

Ευσταθίου Αργυρώ και Χρήστου Μυρτώ-Μαρία (2019). C2C - Σχεδιάζοντας με άξονα την κυκλική οικονομία: η κυκλική οικονομία στη σύγχρονη κατασκευή, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/48505>

Ευρωπαϊκή Ένωση (2018). Κατευθυντήριες γραμμές για τους ελέγχους των αποβλήτων πριν από τις εργασίες κατεδάφισης και ανακαίνισης κτιρίων, Διαχείριση των αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων της ΕΕ.

Θέου-Τσαφάρá Άννα (2018). LCA - Μηδενική ενέργεια και μηδενικές εκπομπές: μελέτη του κύκλου ζωής της κατασκευής, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/46606>

Καραϊσκού Ελένη, Μαλαματένιου Ελένη και Οικονομόπουλου Φαίδρα (2008). Ανακύκλωση και αρχιτεκτονική: μια σχέση αλληλεπίδρασης, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π.

Καραπάνου Βασιλική (2016). Η Βιώσιμη Ανάπτυξη μέσα από το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για τους Ανθρώπινους Οικισμούς, Ερευνητική Εργασία ΑΠΘ

Κατσουγιάννη Στυλιανή (2008). Βιοδιασπώμενα πολυμερή στη σχεδίαση για το περιβάλλον. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων. [Online] Available: <http://extev.syros.aegean.gr/bsc/d8.pdf>

Κορσάβας Μύρων (2020). Η απο-ανάπτυξη κατά τον Σερζ Λατούς: σκέψεις για την αρχιτεκτονική και τον δομημένο χώρο, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/51099>

Μπασιαδάκη Ελένη και Παπαγεωργίου Σοφία (2020). Urcycle - Σχεδιασμός με άξονα τα απόβλητα, Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π.

Οικονόμου Αγησίλαος και Μητούλα Ρόϊδω (2010). Οικολογική διαχείριση κτηρίων, οικισμών και πόλεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση: Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αθήνα: Εκδόσεις: Αθ.Σταμούλης.

Παπαϊωάννου Ελένη (2013). Επανάχρηση υλικών. Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.580>

Σκαμαγκούλη Αμαλία-Αλεξάνδρα (2013). Για μια βιώσιμη αρχιτεκτονική: σχεδιασμός με σκοπό την αποσυναρμολόγηση. Διάλεξη 9^{ου} εξαμήνου, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., [Online] Available, <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/han->

d1e/123456789/7882

Φιλλιπίδης Δημήτρης (1984). Νεοελληνική αρχιτεκτονική, Αθήνα: Εκδόσεις Μέλισσα.

Φραγκούλη Ισμήνη (2010). Περιβάλλον & Ανάπτυξη. Περιβαλλοντικός, βιοκλιματικός, οικολογικός και ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων / χρήση ανάλυσης κύκλου ζωής των υλικών: το παράδειγμα μιας κατοικίας. Διπλωματική Εργασία για το Δ.Π.Μ.Σ., Αθήνα: Αρχιτέκτων μηχανικός Πανεπιστημίου Πατρών

β. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Andrews Deborah (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. Article in Local Economy, [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/276176634_The_circular_economy_design_thinking_and_education_for_sustainability

Alanna Stang, Christopher Hawthorne (2005). Green House: New Directions in Sustainable Architecture.

Barkkume Allen (2008). Deconstruction and Design for Disassembly.

Bayer Charlene, Gamble Michael, Gentry Russell, Joshi Surabhi (2010). AIA Guide to Building Life Cycle Assessment

in Practice, Washington DC: The American Institute of Architects, [Online] Available, <https://www.brikbases.org/sites/default/files/aiab082942.pdf>

Berge Bjorn (2009). The Ecology of Building Materials.

Biodegradable Plastics: Developments and Environmental Impacts (2002). [Online] Available: <https://www.plastics.org.nz/images/documents/PDFs/AustralianReportonBiodegradablePlastics.pdf>

Brad Guy and Nicholas Ciarimboli (2005). Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building.

Bossink A.G. and Brouwers H.J.H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122 (1), pp.55–60.

Brand Stewart (1994). How buildings learn: What happens after they're built.

Braungart Michael; Bujanowski Anke; Schäding Jürgen and Sinn Christian (1997). Poor Design Practices – Gaseous Emissions from Complex Products. Hamburger Umweltinstitut e.V.

BREEAM (2004), UK New Construction: non-domestic buildings, technical manual, [Online] Available: <https://tools.breem.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%20>

[2014%20Resources/SD5076 DRAFT BREEAM UK New Construction 2014 Technical Manual ISSUE 0.1.pdf](https://www.breem.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%20)

Cortenraede Twan (2018). Rethinking Waste, Master Thesis in Urbanism, TUDelft. [Online] Available: <https://repository.tudelft.nl//islandora/object/uuid:1964223b-d90a-41bf-9fff-9b135b6ab064>

Duffy, F. (1990) Measuring Building Performance, Facilities, May.

Duflou, J. R., Barbara Willems, and Wim Dewulf. 2006. “Towards Self-Disassembling Products Design Solutions for Economically Feasible Large-Scale Disassembly.” In *Innovation in Life Cycle Engineering and Sustainable Development*, pp. 87–110.

Eleftheria Alexandri (2014). Teaching Assembly for Disassembly; An Under-graduate Module Experience.

Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the Circular Economy (1) – Economic and business rationale for an accelerated transition, [Online] Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Ellen MacArthur Foundation (2013). Engineering the Circular Economy: A field manual for re-designing a regenerative economy, [Online] Available: <https://www.ellenmacarthurfounda->

[tion.org/assets/downloads/news/EMF_Engineering-the-Circular-Economy_300913.pdf](https://www.researchgate.net/publication/300913)

Fernando, J. L. (2003). The power of unsustainable development: What is to be done?. The Annals of the American Academy.

Gervasio H. and Dimova S. (2018). Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings. Publications Office of the European Union. [Online] Available: <https://op.europa.eu/el/publication-detail/-/publication/>

Hendriks Ch. F. and Te Dorsthorst B.J.H. (2001). Re-use of constructions at different levels: Construction, Element or Material. Delft University of Technology, DIOC-DGO The Ecological City, Rotterdamseweg

Hove Hilary (2004). Critiquing Sustainable Development: A Meaningful Way of Mediating the Development Impasse?. Undercurrent Volume I, No 1

Kroll E., Carver, B.S. (1999). Disassembly analysis through time estimation and other metrics. Robotics and Computer-Integrated. Manufacturing, 15, pp. 191–200.

Kubbinga Ben (2018). A framework for circular Buildings: Circular Economy in Cities Evolving the model for sustainable urban future. World Economic Forum

LaMore Rex L. (2017). Transforming the 21st Century Built

Environment: Selected student papers in Domicology. Michigan State University. [Online] Available: https://domicology.msu.edu/upload/domicology-primer_2017.pdf

Matthews J. A. and Tan, H., (2011). Progress towards a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. Journal of Industrial Ecology, 15, pp. 435–457.

McDonough William and Braungart Michael (2002). Cradle to Cradle: Re-making the way we make things. [1η έκδοση: New York: North Point Press]

Murray A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. Journal of Business Ethics, 140(3), 369–380.

Ramesh T., Prakash R., Shukla K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/229400115_Life_cycle_energy_analysis_of_buildings_An_overview

Roaf Sue, Fuentes Manuel και Thomas Stephanie (2007), Ecohouse.

Sharma A., Saxena A., Sethi M., Shree V., Goel V. (2010). Life cycle assessment of buildings: A review. [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/227421373_Life

[cycle assessment of buildings A review](#)

Sherratt, A. (2013). Cradle to Cradle. Στο C. G. Idowu, encyclopedia of corporate social responsibility. Berlin: Springer

The Green House: New Directions in Sustainable Architecture (2005). Alanna Stang, Christopher Hawthorne.

Thonvald, N.O. (1994). Avfallsreduksjon og kildesortering i byggebransjen, SFTtrapp 94:11, Oslo

Zhang, Hong C., Tsai C. Kuo, Huitian Lu, and Samuel H. Huang. 1997. "Environmentally Conscious Design and Manufacturing: A State-of-the-art Survey." Journal of Manufacturing Systems, 16, pp. 352–371.

γ. Ιστοσελίδες

Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων (2012). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Ομάδα Εργασίας: Αναστασοπούλου Μ., Βασιλείου Β., Κάραλης Κ., [Online] Available: http://library.tee.gr/digital/del/del_m808.pdf

Απόβλητα, Σύγχρονη Αναλυτική, [Online] Available: <https://www.modernanalytics.gr/work/αποβλητα/>

Εθνικό κέντρο τεκμηρίωσης & ηλεκτρονικού περιεχομένου (ΕΚΤ&ΗΠ): Κυκλική οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο

βιώσιμης ανάπτυξης (2019). [Online] Available: <https://www.ekt.gr/el/magazines/features/23377>

Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης (2013). Περιβαλλοντική οργάνωση: Επαναχρησιμοποίηση. [Online] Available: http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=38&Itemid=511&lang=en

Περιβαλλοντικά θέματα, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2018). [Online] Available: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/environmental-themes>

Χαραλάμπους Ανθή, Διαχείριση στερεών αποβλήτων (2018). [Online] Available: <https://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2018/11/05-ACharalambous Solid Waste 2018.pdf>

About, SPACE10, (2020). [Online] Available: <https://space10.com/about/>

Arup Designs Prototype Building Based on Circular Economy Principles (2017). Archdaily, [Online] Available: https://www.archdaily.com/868121/arup-designs-prototype-building-based-on-circular-economy-principles?ad_source=m-yarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Bayer Charlene, Gamble Michael, Gentry Russell, Joshi Surabhi (2010). AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice, Washington DC: The American Institute of Archi-

fects, [Online] Available: <https://www.brikbase.org/sites/default/files/aiab082942.pdf>

Building deconstruction (2010). [Online] Available: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB1459.pdf>

Cradle to Cradle Products Innovation Institute: What is Cradle to Cradle Certified™? [Online] Available: <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>

Detailing the Sobek House (2008). [Online] Available: http://www.architectureweek.com/2008/0319/building_1-1.html

Dunedin Solid Waste & Recycling: The 7 Rs of Sustainability. (2020). [Online] Available: <https://www.dunedingov.com/live-work-play/dunedin-green-scene/the-7-r-s-refuse-reduce-repurpose-reuse-recycle-rot-rethink>

Gladek Eva (2017). The Seven Pillars of Circular Economy, Metabolic. [Online] Available: <https://www.metabolic.nl/news/the-seven-pillars-of-the-circular-economy/>

Green Grows Up: Building in the Age of the Circular Economy (2017). [Online] Available: <https://www.c2ccertified.org/news/article/green-grows-up-building-in-the-age-of-the-circular-economy>

HOUSE 2 – COUNTER CITY: A FORUM INSTALLATION, ZÜRICH, EPF (2017). [Online] Available: [https://www.epfl.ch/labs/alice/index-fr-html/page-134469-fr-html/page-143987-](https://www.epfl.ch/labs/alice/index-fr-html/page-134469-fr-html/page-143987-fr-html/)

[fr-html/](#)

HOUSE 2 - COUNTER CITY (2017). world architects, [Online] Available: <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/house-2-counter-city>

House 2 - Counter City / Alice (2017). Archdaily, [Online] Available: https://www.archdaily.com/873132/house-2-counter-city-alice?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

IKEA Explores Future Urban Living for the Many (2019). archdaily, [Online] Available: <https://www.archdaily.com/918417/ikea-explores-future-urban-living-for-the-many>

Innovative Detail: Nest We Grow Moment Connection (2015). [Online] Available: https://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-nest-we-grow-moment-connection_o

Kengo Kuma and Associates (2020). [Online] Available: <https://kkaa.co.jp/about/kengokuma/>

LCA basics: life cycle assessment explained (2020), [Online] Available: <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-assessment-lca-basics/>

Mosa: The definition and philosophy of Cradle to Cradle design explained (2017). [Online] Available: <https://magazine.cradletogether.com/mosa-the-definition-and-philosophy-of-cradle-to-cradle-design-explained/>

mosa.com/en-gb/the-definition-and-philosophy-of-cradle-to-cradle-design-explained

Mosa. Built Positive: the future of sustainable building and architectural design (2018). [Online] Available: <https://magazine.mosa.com/en-us/built-positive-the-future-of-sustainable-building-and-architectural-design>

National Geographic: Climate Change (2019). [Online] Available: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/climate-change/>

National Geographic, Εγκυκλοπαίδεια του Περιβάλλοντος για Νέους: Ρύπανση, (2013). [Online] Available: <https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-5-ripansi.pdf>

NASA Sustainability Base / William McDonough + Partners and AECOM (2012). Archdaily, [Online] Available: https://www.archdaily.com/231211/nasa-sustainability-base-william-mc-donough-partners-and-aecom?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

NASA Sustainability Base (2020). Archello, [Online] Available: <https://archello.com/project/nasa-sustainability-base>

NASA Sustainability Base, William McDonough & Partners (2021). [Online] Available: <https://mcdonoughpartners.com/projects/nasa-sustainability-base/>

Nest we grow (2020). Archello, [Online] Available: <https://archello.com/project/nest-we-grow>

Nest We Grow / Kengo Kuma & Associates + College of Environmental Design UC Berkeley (2015). [Online] Available: https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

R128 Werner Sobek (2020). [Online] Available: <https://www.wernersobek.de/en/projects/focus-en/design-en/r128/>

R128 Shaders Werner Sobek (2020). [Online] Available: <https://www.wernersobek.de/en/projects/status/completed/r128-shaders/>

SustainableSA: 3Rs – Reduce, Reuse & Recycle [Online] Available: <https://www.sustainable-sanantonio.com/practices-technology/reduce-reuse-recycle/>

The circular economy building (2020). Archello, [Online] Available: <https://archello.com/project/the-circular-economy-building>

The circular economy building (2020). Archinect, [Online] Available: <https://archinect.com/firms/project/119400444/the-circular-building/150056440>

The Urban Village Project: A Vision for Liveable, Sustainable

and Affordable Homes (2020). urbanvillageproject, [Online] Available: <https://www.urbanvillageproject.com>

The Urban Village Project: A Vision for Liveable, Sustainable and Affordable Homes, SPACE10, [Online] Available: <https://space10.com/project/urban-village-project/>

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change, [Online] Available: <https://unfccc.int/>

Upcycling Definition (2020). [Online] Available: <https://you-matter.world/en/definition/upcycling/>

Urban impact: The three R's of recycling (2018). [Online] Available: <https://urbanimpact.com/blog/three-rs-recycling?>

Winters Downey Erica, (2010). Reclaimed Structural Steel and LEED Credit MR 3 – Materials Reuse. [Online] Available: https://www.aisc.org/globalassets/modern-steel/archives/2010/05/2010v05_reclaimed_steel.pdf?fbclid=IwAR3BfbfR-HpcraA1V_ZpsYoeHR4oldgUA9Rg6QuxoP4y-jOOqJ4nAKwfuUQ

δ. Πηγές εικόνων

Εικ. 1.1: <http://tendencee.com.br/2019/09/minhas-35-ilustracoes-mostram-o-que-ha-de-errado-com-nossa-sociedade/>

Εικ. 1.2: <https://www.etsy.com/listing/630608414/>

[global-warming-poster-by-iconeo?epik=dj0yJnU9dmIP-c0xqQjY5aGJUEpDbVZQdm5WWXBMR1IDd1ZEN-3lmcD0wJm49LUZzZ0tUMk5fUUxDUHViS3FfdmRqUSZ0PUF-BQUFBR0FRRUZB](https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-garbage-dump-image28439277?epik=dj0yJnU-9WEFFaUhic2hFdGZsLWpyV0x3WWptV1dkVGJNblFFb-jEmcD0wJm49cmw5NnllSjFITnNVMWxxU1BSSTQ4dyZ0PUF-BQUFBR0FRRUZB)

Εικ. 1.3: <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-garbage-dump-image28439277?epik=dj0yJnU-9WEFFaUhic2hFdGZsLWpyV0x3WWptV1dkVGJNblFFb-jEmcD0wJm49cmw5NnllSjFITnNVMWxxU1BSSTQ4dyZ0PUF-BQUFBR0FRRU9n#res26615551>

Εικ. 2.1: ανάκτηση και επεξεργασία από <http://hellenicplatform.org/oi-17-stoxoi/>

Εικ. 2.2: ίδια επεξεργασία

Εικ. 2.3: ίδια επεξεργασία

Εικ. 2.4: μετάφραση και επεξεργασία από Cortenraede Twan (2018), Rethinking Waste, Master Thesis in Urbanism, TUDelft

Εικ. 2.5: ίδια επεξεργασία

Εικ. 2.6: ίδια επεξεργασία

Εικ. 2.7: <https://alittlerosedust.com/the-6-rs-of-sustainability/?>

Εικ. 2.8: μετάφραση και επεξεργασία από LaMore Rex L. (2017). Transforming the 21st Century Built Environment: Selected student papers in Domicology. Michigan State University

Εικ. 3.1: ίδια επεξεργασία

Εικ. 3.2: https://www.archdaily.com/943366/a-guide-to-design-for-disassembly/5f06aa99b357655d4600032b-a-guide-to-design-for-disassembly-photo?next_project=no

Εικ. 3.3: <https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates/54c9b1fee58ece->

[5c5e00021a-diagram-7?next_project=no](#)

Еик. 3.4: <https://www.flickr.com/photos/mocambique/>

Еик. 3.5: <http://elissablake.blogspot.com/2014/07/lego-acropolis-goes-to-athens.html>

Еик. 4.1: <http://nest-umar.net/portfolio/building-for-disassembly/>

Еик. 5.1: https://westerninterlock.com/installation_guide/modular-retaining-wall-installation/wall-install2/

Еик. 5.2: <https://westerncanadacoatings.ca/concrete-definition/>

Еик. 5.3: <https://www.pinterest.at/pin/637751997210465403/>

Еик. 5.4: <https://vinawoodltd.com/news/what-to-select-wood-vs-engineered-lumber/>

Еик. 5.5: <http://redbirdengineeringsales.com/Joist>

Еик. 5.6: <https://www.constructionmanagemagazine.com/portakabin-opts-mixed-media/>

Еик. 6.2.1: <https://www.wernersobek.de/en/projects/focus-en/design-en/r128/>

Еик. 6.2.2: <https://www.jonathanplass.com/r128house>

Еик. 6.2.3: https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-56898-639-4_18

Еик. 6.2.4: http://www.architectureweek.com/2008/0402/building_1-2.html

Еик. 6.2.5: <https://www.wernersobek.de/en/projects/focus-en/design-en/r128/>

Еик. 6.2.6: <https://www.wernersobek.de/en/projects/status/completed/r128-shaders/>

Еик. 6.2.7: http://www.architectureweek.com/2008/0409/building_2-2.html

Еик. 6.3.1,2,3: https://www.archdaily.com/231211/nasa-sustainability-base-william-mcdonough-partners-and-aecom/50180f6528ba0d48240000ad-nasa-sustainability-base-william-mcdonough-partners-and-aecom-drawing?next_project=no

Еик. 6.3.4: <https://mcdonoughpartners.com/projects/nasa-sustainability-base/>

Еик. 6.3.5,6,7: https://www.archdaily.com/231211/nasa-sustainability-base-william-mcdonough-partners-and-aecom/50180f6528ba0d48240000ad-nasa-sustainability-base-william-mcdonough-partners-and-aecom-drawing?next_project=no

Еик. 6.4.1,2,3: https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Еик. 6.4.4,5,6,7: https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Еик. 6.5.1,2: <https://archello.com/story/46671/attachments/photos-videos/4>

Еик. 6.5.3: <https://archinect.com/firms/project/119400444/the-circular-building/150056440>

Еик. 6.6.1,2,3: <https://www.archdaily.com/873132/house-2-counter-city-alice?>

Еик. 6.7.1,2,3: <https://space10.com/project/urban-village-project/>

Еик. 6.7.3,4: <https://www.archdaily.com/918417/>

[ikea-explores-future-urban-living-for-the-many/5cf5db-01284dd19796000082-ikea-explores-future-urban-living-for-the-many-image?next_project=no](https://www.ikea.com/gb/en/articles/ikea-explores-future-urban-living-for-the-many/5cf5db-01284dd19796000082-ikea-explores-future-urban-living-for-the-many-image?next_project=no)

Εικ. 6.7.5,6,7: <https://www.urbanvillageproject.com>

Εικ. 6.8.1,2,3,4: <https://www.archdaily.com/947919/circular-garden-pavilion-eva?>

ε. Διαγράμματα

Διάγραμμα 1.1: ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 2.1: ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 2.2: μετάφραση και επεξεργασία από Cortenraede Twan (2018), Rethinking Waste, Master Thesis in Urbanism, TUDelft

Διάγραμμα 3.1: μετάφραση και επεξεργασία από Hendriks Ch. F. and Te Dorsthorst B. J.H. (2001). Re-use of constructions at different levels: Construction, Element or Material. Delft University of Technology. DIOC-DGO The Ecological City, Rotterdamseweg

Διάγραμμα 4.1: ανάκτηση από Berge Bjorn (2009). The Ecology of Building Materials

Διάγραμμα 4.2: μετάφραση και επεξεργασία από <https://www.ukgbc.org/sites/default/files/How%20to%20build%20circular%20economy%20thinking%20into%20your%20projects.pdf>

Διάγραμμα 5.1: επεξεργασία από Ανακύκλωση οικοδομικών απορριμμάτων (2012). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Ομάδα



Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Ε.Μ.Π.
Φεβρουάριος 2021