

ΠΛΑΣΤΙΚΟ-ΤΗΤΑ

Ιδιότητες, δυνατότητες και περιβαλλοντική διάσταση
των πλαστικών υλικών στην αρχιτεκτονική

ΦΙΛΙΠΠΙΔΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΒΑΖΑΚΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών

Απρίλιος 2020

ΠΛΑΣΤΙΚΟ-ΤΗΤΑ:

Ιδιότητες, δυνατότητες και περιβαλλοντική διάσταση
των πλαστικών υλικών στην αρχιτεκτονική

PLASTIC-ITY:

Properties, potential and environmental dimensions
of plastic materials in architecture

ΦΙΛΙΠΠΙΔΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΒΑΖΑΚΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ABSTRACT

While there have been many individual attempts to integrate plastic and plasticity into architectural design, to date this material has not received a place in architectural production analogous to the more "traditional" architectural materials such as wood, metal and reinforced concrete. This research paper addresses the issue of plastic in architecture and searches for the causes of its not widespread use in this field, analyzing its properties and applications in the architectural and construction sectors. A critical element in this search is the environmental dimension of plastic materials and the potential obstacles that arise from it. Solutions to these obstacles that are being analyzed are the applications of recycled and reusable plastics to architecture, as well as the application of new technological advances in plastics that promote the principle of sustainability, such as bioplastics. Through all these, is being explored the existence of a "Plastic Architecture", its features, its contribution to architecture aesthetically and technically, and the possibilities for future evolution and further growth.

Keywords: plastic, plasticity, Plastic Architecture, environment, recycling, reuse

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ενώ έχουν υπάρξει πολλές μεμονωμένες προσπάθειες ένταξης του πλαστικού και της πλαστικότητας στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, μέχρι σήμερα το υλικό αυτό δεν έχει λάβει στην αρχιτεκτονική παραγωγή μια θέση ανάλογη με τα περισσότερο «παραδοσιακά» αρχιτεκτονικά υλικά όπως το ξύλο, το μέταλλο και το οπλισμένο σκυρόδεμα. Η συγκεκριμένη ερευνητική εργασία πραγματεύεται το θέμα του πλαστικού στην αρχιτεκτονική και αναζητεί τα αίτια της μη διαδεδομένης χρήσης του σε αυτόν τον τομέα, αναλύοντας τις ιδιότητές του και τις δυνατότητες εφαρμογής του στον αρχιτεκτονικό και οικοδομικό τομέα. Κρίσιμο στοιχείο σε αυτήν την αναζήτηση αποτελεί η περιβαλλοντική διάσταση των πλαστικών υλικών και τα ενδεχόμενα εμπόδια που προκύπτουν από αυτή. Λύσεις σε αυτά τα εμπόδια που αναλύονται είναι η εφαρμογή ανακυκλωμένων και επαναχρησιμοποιημένων πλαστικών στην αρχιτεκτονική, καθώς και η εφαρμογή νέων τεχνολογικών επιτευγμάτων των πλαστικών υλικών, τα οποία προωθούν την αρχή της βιωσιμότητας, όπως τα βιοπλαστικά. Μέσα από όλα αυτά, διερευνάται η ύπαρξη μίας «Πλαστικής Αρχιτεκτονικής», τα χαρακτηριστικά της, η προσφορά της στην αρχιτεκτονική σε αισθητικό και τεχνικό επίπεδο, και οι δυνατότητες μελλοντικής εξέλιξης και περεταίρω διάδοσης.

Λέξεις-κλειδιά: πλαστικό, πλαστικότητα, Πλαστική Αρχιτεκτονική, περιβάλλον, ανακύκλωση, επανάχρηση

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

07	1. Εισαγωγή – Στόχος – Μεθοδολογία
011	2. Πλαστικό
012	2.1. Τι είναι το πλαστικό
015	2.1.1. Τεχνικές και αισθητικές ιδιότητες πλαστικού
017	2.2. Παραδοσιακά υλικά και πλαστικό
019	2.3. Ιστορική εξέλιξη των πλαστικών
020	2.3.1. Φυσικά πλαστικά
021	2.3.2. Ημι-συνθετικά πλαστικά
022	2.3.3. Συνθετικά πλαστικά
031	2.3.4. Επαναπροσδιορισμός πλαστικών υλικών
033	3. Πλαστική Αρχιτεκτονική
034	3.1. Χαρακτηριστικά Πλαστικής Αρχιτεκτονικής
035	3.2. Πλαστικότητα
039	4. Εφαρμογές πλαστικού στην αρχιτεκτονική
040	4.1. Θερμοπλαστικά
062	4.2. Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά
069	4.3. Ελαστομερή

01

02

03

04

071
072
074
076
079
080
092
097
098
100
101
103
109
125
126
127
128

5. Πλαστικό και Περιβάλλον	5.1. Οικολογική αποτελεσματικότητα και Ανακύκλωση
	5.2. Ανακυκλωσιμότητα πλαστικού
	5.3. Εναλλακτικά πλαστικά υλικά
6. Περιβάλλον και Πλαστική Αρχιτεκτονική	6.1. Επανάχρηση – Ανακύκλωση πλαστικού στην αρχιτεκτονική
	6.2. Βιοπλαστικά στην αρχιτεκτονική
7. Πλαστική αρχιτεκτονική και χρήστης	7.1. Θερμική αντοχή πλαστικού
	7.2. Οικειοποίηση
	7.3. Μεταβλητότητα
8. Συμπεράσματα	
9. Παράρτημα	
10. Πηγές	10.1. Βιβλιογραφικές πηγές
	10.2. Διαδυσκτιακές πηγές
	10.3. Πηγές Εικόνων

05

06

07

08

09

10

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΤΟΧΟΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

“So, more than a substance, plastic is the very idea of infinite transformation [...] it's less a thing than a trace of movement.”

Roland Barthes

“We expect nothing from materials themselves, but only from the right to use them. Even the new materials give us no superiority. Each material is only worth what we make of it.”

Mies Van der Rohe

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΣΤΟΧΟΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Από την στιγμή που πρωτοεμφανίστηκαν τα πλαστικά αποτέλεσαν σημαντικό κομμάτι της ζωής μας. Από τον 20^ο αιώνα μέχρι και σήμερα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας. Παρά το τεράστιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που έχουν προκαλέσει, εξακολουθούν να έχουν μεγάλη ζήτηση, λόγω των ιδιοτήτων τους. Το πλαστικό έχει κατακτήσει τους περισσότερους τομείς, όμως όχι τον αρχιτεκτονικό τομέα. Επιπλέον, έχει στενή σχέση με την τεχνολογία και καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία εξελίσσονται και τα πλαστικά υλικά, τα οποία προσαρμόζονται στις ανάγκες και απαιτήσεις της εκάστοτε περιόδου. Έτσι, τώρα το μεγαλύτερο ποσοστό των πλαστικών όταν ολοκληρώνουν τον κύκλο της ζωής τους μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Τί γίνεται όμως στην αρχιτεκτονική; Μήπως τώρα είναι η στιγμή που θα εφαρμοστεί σε μεγαλύτερο βαθμό στην αρχιτεκτονική; Μήπως ήρθε η ώρα που το πλαστικό θα κατακτήσει τον τομέα της αρχιτεκτονικής;

Το θέμα αυτής της εργασίας είναι αφ' ενός το πλαστικό, ως ανακυκλωμένο υλικό και μη, και η εφαρμογή του στην αρχιτεκτονική σε αισθητικό και τεχνολογικό επίπεδο. Με τον όρο «πλαστικότητα» νοείται μια αισθητική ποιότητα των μορφών, η οποία αναφέρεται στην ευπλασία τους, στη οργανικότητα, την αίσθηση της ελαστικότητας και ρευστότητάς τους. Αυτές οι ποιότητες συναντώνται στα πλαστικά υλικά. Στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση της πλαστικότητας σε σχέση με την αρχιτεκτονική και των τρόπων με τους οποίους το πλαστικό και οι ποιότητές του μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κύριο υλικό, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο επιδρά στη ζωή των χρηστών και το περιβάλλον.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με τη συλλογή ερευνητικού υλικού από βιβλιογραφικές και διαδικτυακές πηγές γίνεται, αρχικά, προσπάθεια να προσδιοριστούν ξεκάθαρα η έννοια του πλαστικού, τα είδη του και οι ιδιότητες του. Με βάση, κυρίως, αυτές τις ιδιότητες και τις δυνατότητες εφαρμογής στην αρχιτεκτονική, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ του πλαστικού και άλλων παραδοσιακών υλικών, που είναι σήμερα διαδεδομένα σε μεγάλο βαθμό στην αρχιτεκτονική. Επιπλέον, γίνεται καταγραφή της ιστορικής εξέλιξης του πλαστικού από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, έχοντας ως βασικό γνώμονα την αρχιτεκτονική.

Σημαντικό τμήμα της εργασίας αποτελούν οι έννοιες της Ανακύκλωσης και της Επανάχρησης. Διερευνάται γενικά με ποιο τρόπο και ποια πλαστικά μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, και συγκεκριμένα πώς μπορούν τα ανακυκλωμένα και επαναχρησιμοποιημένα πλαστικά να εφαρμοστούν στην αρχιτεκτονική.

Στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστεί η Πλαστική Αρχιτεκτονική, τα χαρακτηριστικά της και οι ιδιότητές της. Ακόμα, αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί κάθε είδος πλαστικού να εφαρμοστεί στην αρχιτεκτονική, με ποικιλία παραδειγμάτων.

Τέλος, πραγματοποιείται σύντομη ανάλυση κάποιων παραγόντων που επηρεάζουν τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής με πλαστικά και τον ίδιο το χρήστη, καθώς και προοπτικές εξέλιξης αυτής της αρχιτεκτονικής και γενικότερα της αρχιτεκτονικής, χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες του πλαστικού.

Μέσω της ανάλυσης όλων των παραπάνω, ο στόχος της εργασίας περιλαμβάνει την απάντηση των παρακάτω βασικών ερευνητικών ερωτημάτων:

1. Γιατί το πλαστικό δεν χρησιμοποιείται ευρέως στην Αρχιτεκτονική;
2. Υπάρχει «Πλαστική Αρχιτεκτονική» και αν ναι ποια είναι τα χαρακτηριστικά της;
3. Πώς επηρεάζει άμεσα η εφαρμογή του πλαστικού στην αρχιτεκτονική τον χρήστη ενός χώρου;
4. Ποιά η σχέση του πλαστικού με το περιβάλλον;
5. Υπάρχουν δυνατότητες ανακυκλωσιμότητας του υλικού αυτού μέσω της αρχιτεκτονικής;

02

ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Μέσω αυτού του κεφαλαίου ορίζεται η έννοια του πλαστικού, οι βασικές κατηγοριοποιήσεις του ως προς την προέλευσή του και τη θερμική συμπεριφορά του, καθώς και οι βασικές ιδιότητες που διέπουν και χαρακτηρίζουν όλα τα πλαστικά. Το τελευταίο έχει σκοπό την διευκόλυνση στην πραγματοποίηση σύγκρισης στην αρχιτεκτονική εφαρμογή μεταξύ του πλαστικού και άλλων παραδοσιακών οικοδομικών υλικών, όπως το γυαλί και το μέταλλο, των οποίων η χρήση είναι ευρέως διαδεδομένη.

2.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Τα πλαστικά είναι υλικά που έχουν κύριο συστατικό μια φυσική ή συνθετική ρητίνη και που είναι δυνατό, υπό κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, να μορφοποιηθούν, χωρίς να χάσουν το σχήμα τους όταν παύσουν να υφίστανται οι συνθήκες αυτές. ⁽¹⁾

Ενώ, συνήθως οι όροι «πλαστικά» και «πολυμερή» θεωρούνται συνώνυμοι, τα πολυμερή είναι καθαρά υλικά που προέρχονται από τον πολυμερισμό και τα πλαστικά είναι τα υλικά που προκύπτουν από την προσθήκη στα καθαρά πολυμερή «πρόσθετων ουσιών».

Οπότε, τα πλαστικά είναι πολυμερή συνθετικά υλικά, με μεγάλο μοριακό βάρος και από εκεί προκύπτει το πρόθεμα πολύ- στην ονομασία πολλών από αυτά. Αναμειγνυόμενα με μια ή περισσότερες ουσίες μικρού μοριακού βάρους, όπως υλικά πλήρωσης- εγκλείσματα (fillers), πρόσθετα σύζευξης (coupling agents), αντιπυρικά (flame retardants), πλαστικοποιητές (plasticisers), λιπαντικά (lubrificants), πηγμένα (pigments), ενισχυτικά (reinforcements), σταθεροποιητές (stabilisers) κατά της ηλιακής ακτινοβολίας και γενικότερα των περιβαλλοντικών παραγόντων, σκληρυντές, χρωστικές ουσίες, συντηρητικά και αρώματα, μορφοποιούνται εύκολα και μπορεί να έχουν διάφορες βελτιωμένες ιδιότητες ανάλογα με τη δομή και τη σύσταση τους, χωρίς να επιφέρουν αλλοίωση στη χημική σύσταση των πολυμερών. ^{(2) (3) (4)}

⁽¹⁾ Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, *Αρχιτεκτονική*, εκδ. Μέλισσα, Αθήνα, 2013, σελ. 295

⁽²⁾ Μπαμπινιώτης, Γεώργιος Δ., *Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας*, 2^η έκδοση, εκδ. Κέντρο λεξιλογίας επε, Αθήνα, 2002, σελ. 1418

⁽³⁾ <https://www.britannica.com/science/plastic/The-polymers>, 10 Δεκ. 2019

⁽⁴⁾ Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσιος, *Σύνθετα Υλικά*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2007, σελ. 92-94

Ως προς την προέλευσή τους τα πλαστικά διακρίνονται σε:

- **Φυσικά:** φυσικό ελαστικό, φυσικές ασφαλτοί, ορυκτό καουτσούκ, κ.α.
- **Ημι-συνθετικά πλαστικά - πλαστικά από μεταποιήσεις:** πλαστικά που προκύπτουν από την επεξεργασία διαφόρων πρωτεϊνών, σελοφάν, βισκόζη, κ.α.
- **Συνθετικά πλαστικά:** ένα ευρύ φάσμα προϊόντων της σύγχρονης χημικής βιομηχανίας που έχουν ως κύριο συστατικό μια συνθετική ρητίνη και είναι υλικά που προέρχονται από τη διάσπαση υλικών με βάση τον άνθρακα, συνήθως αργό πετρέλαιο, άνθρακα ή φυσικό αέριο. ⁽¹⁾

Σήμερα ο όρος «πλαστικό» χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τα συνθετικά πλαστικά που χρησιμοποιούνται σε στερεή μορφή. ⁽¹⁾

Τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στην οικοδομή χωρίζονται με βάση τη μηχανική και θερμική συμπεριφορά τους σε θερμοπλαστικά, θερμοσκληρυνόμενα και ελαστομερή.

Τα θερμοπλαστικά είναι ικανά να χυτεύονται και να αναδιπλώνονται επανειλημμένα καθώς αποτελούνται από μεμονωμένα μόρια που είναι διαχωρισμένα και ρέουν μεταξύ τους. Κοινά θερμοπλαστικά στην κατασκευαστική βιομηχανία είναι το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), πολυστυρόλιο (PS), πολυπροπυλένιο (PP), πολυαιθυλένιο (PE) και θερμοπλαστικοί πολυεστέρες. Σημαντικοί θερμοπλαστικοί πολυεστέρες είναι το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) και πολυανθρακικό (PC). ⁽⁵⁾

^{(6) (7) (8)}

⁽⁵⁾ Berge, Bjørn, *The ecology of building materials*, 2nd edition, εκδ. Architectural Press Elsevier Science Ltd., Oxford, 2009, σελ. 146, 148

⁽⁶⁾ Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, *ό.π.*, σελ.1418

⁽⁷⁾ <https://www.britannica.com/science/plastic/The-polymers>, 10 Δεκ. 2019

⁽⁸⁾ Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσιος, *ό.π.*, σελ. 142-143

Τα Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά διαφέρουν από τα Θερμοπλαστικά επειδή δεν αποτελούν τελικά προϊόντα, ολοκληρώνονται όταν προστίθενται σε αυτά οι σκληρυντές και δεν μπορεί να γίνει επανεπεξεργασία τους με αναθέρμανση όπως στα Θερμοπλαστικά, διότι υφίστανται χημική αντίδραση η οποία έχει ως αποτέλεσμα ένα άτηκτο, αδιάλυτο πλέγμα μέχρι το τελικό αντικείμενο να γίνει ολόκληρο ένα μεγάλο μόριο. Σε αυτή την ομάδα ανήκουν τα εποξικά πλαστικά (EP), η πολυουραιθάνη (PUR), φαινόλη-φορμ, αλδεύδη και ουρία-φορμαλδεύδη (UF).

Τα «Θερμοπλαστικά λάστιχα» ή ελαστομερή (thermoplastic rubbers, TPR, elastomers) είναι μια υποομάδα των Θερμοσκληρυνόμενων πλαστικών με σχεδόν μόνιμη ελαστικότητα. Αυτά τα υλικά είναι συνθετικά καουτσούκ που διαθέτουν τις ιδιότητες του λάστιχου και την εύκολη μορφοποίηση των Θερμοπλαστικών. (5) (6) (7) (8)

2.1.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Η συμπεριφορά των διαφορετικών πλαστικών ποικίλει πολύ και αντίστοιχα ποικίλουν και οι ιδιότητες τους, όμως υπάρχουν κάποια γενικά χαρακτηριστικά που διέπουν τα πλαστικά.

- Τα πλαστικά έχουν γενικά μικρές πυκνότητες άρα και μικρό βάρος.
- Τα πλαστικά υλικά έχουν γενικά πολύ μικρή Θερμική αγωγιμότητα που τα κάνει εξαιρετικούς Θερμικούς μονωτές.
- Έχουν μεγάλη ικανότητα ηλεκτρικής μόνωσης.
- Έχουν μεγάλη αντοχή στην υγρασία και στην δράση μικροοργανισμών.
- Τα περισσότερα πλαστικά έχουν μικρές αντοχές στη Θερμότητα, κυρίως τα Θερμοπλαστικά.
- Τα πλαστικά είναι διαθέσιμα σε ένα ευρύ φάσμα μηχανικών αντοχών, ευκαμψίας και βαθμών σκληρότητας. Ενώ οι μηχανικές αντοχές των περισσότερων πλαστικών είναι μέτριες έως πολύ χαμηλές, πολλά έχουν αντοχές τόσο υψηλές όσο εκείνες των μετάλλων.
- Τα πλαστικά έχουν ένα ευρύ φάσμα χημικών και διαλυτικών αντιστάσεων. Ορισμένα πλαστικά υλικά είναι υδατοδιάλυτα ενώ άλλα αντέχουν σε επαφή με υλικά όπως το υδροφθορικό οξύ.
- Τα πλαστικά μπορούν να Θερμηθούν πιο οικονομικά σε σχέση με άλλα υλικά. Οι ενεργειακές απαιτήσεις για την επεξεργασία τους είναι χαμηλές, επειδή τα περισσότερα πλαστικά μπορούν να κατασκευαστούν σε αρκετά χαμηλές Θερμοκρασίες. Επίσης, το κόστος μεταφοράς και του χειρισμού τους είναι σχετικά χαμηλό, αφού είναι ελαφρά. (9) (10)

(5) Berge, Bjørn, *The ecology of building materials*, 2nd edition, εκδ. Architectural Press Elsevier Science Ltd., Oxford, 2009, σελ. 146, 148
(6) Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, ό.π., σελ. 1418
(7) <https://www.britannica.com/science/plastic/The-polymers>, 10 Δεκ. 2019
(8) Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσης, ό.π., σελ. 142-143

(9) Brydson, J. A., *Plastics Materials*, 6th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995, σελ. 15
(10) Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, ό.π., σελ. 1418



- Μέσω της ικανότητας των πλαστικών να χυτεύονται, σχηματίζονται εύκολα σε οποιοδήποτε σχήμα. Είναι δυνατή η κατασκευή εξαιρετικά σύνθετων και λεπτομερών τμημάτων χωρίς την ανάγκη συναρμολόγησης.
- Τα πλαστικά έχουν την δυνατότητα να παίρνουν διάφορους βαθμούς διαφάνειας, μέχρι και να προσομοιώνουν το γυαλί.
- Τα πλαστικά μπορούν να κατασκευαστούν σε μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων.
- Ο χρωματισμός των πλαστικών συνήθως δεν περιορίζεται στην επιφάνεια, αλλά είναι καθ' όλη τη μάζα, έτσι ώστε η φθορά που οφείλεται στο ξύσιμο και την τριβή να είναι λιγότερο εμφανής από ότι με τα επικαλυμμένα μέταλλα.
- Με τα πλαστικά είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια εξαιρετικά ευρεία γκάμα φινιρισμάτων επιφανειών και μπορεί όχι μόνο να προσομοιώνουν μη πλαστικά υλικά αλλά επιπλέον να παράγουν νέα αποτελέσματα. (9) (10)

Γενικά, το πλαστικό είναι ένα υλικό εγγενώς δημιουργημένο από τον άνθρωπο. Οι χημικές του ιδιότητες και γενικότερα οι ιδιότητές του μπορούν να μεταβάλλονται όπως και όσο ο άνθρωπος θέλει. Έτσι, δεν υπάρχει όριο στα χαρακτηριστικά τα οποία μπορεί να παραλάβει και η εξέλιξή του θα συνεχιστεί.

2.2
Διατομές από
Πολυσανθρακικό,
διαφάνεια, χρώμα, υφές

(9) Brydson, J. A., *Plastics Materials*, 6th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995, σελ. 15
(10) Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, ό.π., σελ. 1418

2.2. ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Το πλαστικό αποτελεί ένα υλικό το οποίο δεν έχει ερευνηθεί σε βάθος ως προς τις δυνατότητες αξιοποίησης του στην αρχιτεκτονική. Με τις ιδιότητές του μπορεί να προσφέρει μεγάλη ευελιξία στον σχεδιασμό και την κατασκευή.

Παραδοσιακά υλικά όπως το ξύλο, ενώ έχουν καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνταν στις περισσότερες κατασκευές κτιρίων ανά τον κόσμο για αιώνες, έχουν πλέον αντικατασταθεί από το πλαστικό για πολλούς λόγους.

Το πλαστικό μπορεί να είναι μια εναλλακτική λύση με περισσότερες φυσικές ιδιότητες και οικονομικότερη απόδοση από τα δομικά υλικά όπως ξύλο ή γυαλί, κεραμικά, καουτσούκ, μεταλλικά φύλλα ή ακόμη και ύφασμα. Είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε πολύ σκληρές συνθήκες και μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί για να καλύψει οποιοδήποτε μεγέθη, μορφές και υφές, κάτι που δεν μπορούν να κάνουν τα παραδοσιακά υλικά. Μπορεί να κατασκευαστεί σε πολλά χρώματα ή ακόμα και να είναι διαφανές, αντικαθιστώντας το βαρύ και εύθραυστο γυαλί, αυξάνοντας επίσης την οικονομική απόδοση της κατασκευής. Το μπετό επίσης είναι βαρύ και συνήθως οι διατομές του είναι μεγάλου πάχους σε σχέση με το πλαστικό. Η ελαφρότητα του πλαστικού και η δυνατότητα δημιουργίας σύνθετων υλικών συνδυάζοντάς τα με μέταλλα ή οργανική ύλη για να του προσδώσουν διαφορετικές ιδιότητες, διακρίνει αυτό το υλικό από τα μέταλλα και το καθιστά ασύγκριτο σε πολλές απαιτητικές εφαρμογές. Τα σύνθετα πλαστικά χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιοχές υψηλής υγρασίας που αντικαθιστούν το ξύλο ή το χάλυβα που χρησιμοποιούνταν προηγουμένως. (11) (12) (13)

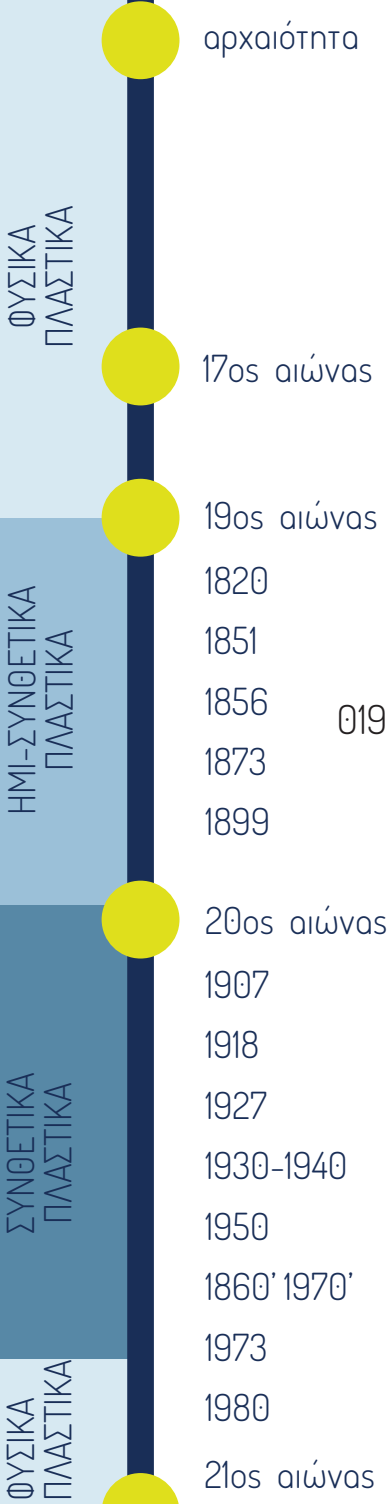
(11) Chukwudi, Ifeanyi, Khafizova, Almira, *Plastics As Contemporary Material In Architecture For Health And Sustainable Construction*, International Journal of Engineering Technologies and Management Research, 2018, σελ. 101
(12) Kasapoğlu, Esin, *Polymer-based Building Materials: Effects of Quality on Durability*, International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Turkey, 2008, σελ. 3-6
(13) Jeska, Simone, «Plastics: Ethereal Materials or Trash Culture», *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 443

Τα πλαστικά δεν μπορούν να φέρουν μεγάλα μηχανικά φορτία σε απεριόριστη χρονική διάρκεια. Ενώ, αυτό τα φέρνει σε μειονεκτική θέση σε σχέση με τα μέταλλα, αντισταθμίζεται από την χαμηλή τους πυκνότητα, την αντίστασή τους στη διάβρωση που προκαλούν τα διάφορα υγρά, και την εύκολη μορφοποίηση τους. Ο λόγος που τα πλαστικά γίνονται ανταγωνιστικά, και ανώτερα, σε σχέση με τα παραδοσιακά υλικά είναι η εξισορρόπηση των ιδιοτήτων τους και όχι οι ανύπαρκτες υψηλές απόλυτες τιμές των ιδιοτήτων τους. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των πλαστικών είναι η ευκολία μορφοποίησης τους σε περίπλοκες μορφές, ενώ βασικό είναι και το χαμηλό κόστος παραγωγής τους. (14)

(14) Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσης, ό.π., σελ. 139-140

2.3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

Η μελέτη της ιστορικής εξέλιξης των πλαστικών έχει ως στόχο την κατανόηση της στενής σχέσης μεταξύ τεχνολογίας και πλαστικού, και της δυνατότητάς του να μεταβάλλεται για να προσαρμόζεται στις τεχνικές και ηθικές απαιτήσεις κάθε χρονικής περιόδου. Αυτή η προσαρμογή πραγματοποιήθηκε με τη μετάβαση του πλαστικού από κάτι απόλυτα φυσικό σε κάτι απόλυτα τεχνητό και η εκ νέου αναζήτηση της φυσικής διάστασής του, ώστε να απαντά στη σημερινή αναζήτηση της βιωσιμότητας σε όλα τα επίπεδα.



2.3.1. ΦΥΣΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Το πλαστικό ως φυσικό υλικό υπήρχε πολύ πριν εφευρεθούν τα τεχνητά πλαστικά, χρησιμοποιούνταν, για την ακρίβεια, από την αρχαιότητα. Βιβλικές ερμηνείες υποδεικνύουν ότι ο **γλοιός** (slime), όπως αναφέρεται, είναι το ίδιο υλικό με την πίσσα (bitumen) που χρησιμοποιούμε σήμερα.

Στην Αρχαία Αίγυπτο υπήρχε ένα διάλυμα πίσσας σε λάδι λεβάντας που ήταν γνωστό ως **Συριακή άσφαλτος ή πίσσα της Ιουδαίας** που με την έκθεση του στο φως γινόταν σκληρό και αδιάλυτο. Αυτό το διάλυμα το χρησιμοποιούσαν για να βυθίζον σε αυτό τα υφάσματα που τύλιγαν τις μούμιες.

Στην Αρχαία Ρώμη αφιερώθηκαν 37 τόμοι Φυσικής Ιστορίας στον αυτοκράτορα Τίτο, που στον τελευταίο γίνεται περιγραφή των ιδιοτήτων της απολιθωμένης ρητίνης, το **κεχριμπάρι/ήλεκτρο** (amber).

Κατά τη διάρκεια των εξερευνήσεων του Κολόμβου βρέθηκαν οι ιθαγενείς της Κεντρικής Αμερικής να παίζουν με μάζες από φυσικό καουτσούκ. Αυτό το υλικό όπως και η **γουταπέρκα** (gutta percha), ακόμα μια φυσική ρητίνη. Αργότερα, υφάσματα με επικάλυψη από καουτσούκ χρησιμοποιούνταν από τους ιθαγενείς για την κατασκευή αδιάβροχων παπουτσιών και εύκαμπτων μπουκαλιών.

Στα μέσα του 17^{ου} αιώνα η γουταπέρκα που χρησιμοποιούνταν ήδη στην Ανατολή, έγινε γνωστή στον δυτικό πολιτισμό και από τον 19^ο αιώνα μέχρι και τα μέσα του 20^{ου} αποτελούσε υλικό μεγάλης σπουδαιότητας για μόνωση καλωδίων καθώς και για καλούπωμα.

Στην Ινδία, χρησιμοποιούνταν μια άλλη φυσική ρητίνη, η **λάκκα**, από την οποία έφτιαχναν βερνίκι (shellac) για επικάλυψη αντικειμένων. Καταγραφές υποδεικνύουν, επίσης, ότι οι αρχαίοι Ινδοί χρησιμοποιούσαν το βερνίκι λάκκας για την παρασκευή χυτών καλουπιών. Στην Ευρώπη τον Μεσαίωνα άρχισε να χρησιμοποιείται βουλοκέρι με βάση το βερνίκι λάκας (shellac) και το 1868 εμφανίστηκαν τα πρώτα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για καλούπια από αυτό το υλικό. (15)

(15) Brydson, J. A., *Plastics Materials*, 6th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995, σελ. 1-3

2.3.2. ΗΜΙ-ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΕΙΣ

Το 1820 ανακαλύφθηκε ότι αν το καουτσούκ υποστεί σε μεγάλο βαθμό διάτμηση τότε γίνεται πλαστικό και κατά συνέπεια έχει την ικανότητα να ρέει. Το 1839 βρέθηκε ότι το καουτσούκ που θερμαίνεται με θείο διατηρεί την ελαστικότητά του σε ευρύτερο εύρος θερμοκρασίας από την πρώτη ύλη και έχει μεγαλύτερη αντοχή στους διαλύτες. Ακολούθως βρέθηκε ότι αν το καουτσούκ θερμανθεί με μεγαλύτερες ποσότητες θείου προκύπτει ένα σκληρό υλικό, γνωστό ως **εβονίτης**, βουλκανίτης και σκληρό καουτσούκ, του οποίου η παραγωγή ξεκίνησε το 1851.

Ο εβονίτης είναι ένα υλικό πολύ σημαντικό για την ιστορία των πλαστικών καθώς ήταν το πρώτο θερμοσκληρυνόμενο πλαστικό υλικό που παρασκευάστηκε και το πρώτο πλαστικό υλικό το οποίο περιελάμβανε μια σαφή χημική τροποποίηση ενός φυσικού υλικού.

Παράλληλα, δημιουργήθηκαν συνθήκες για ελεγχόμενη νίτρωση κυτταρίνης και το προϊόν που προέκυψε χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή κολλοδίου, ένα διάλυμα σε μίγμα αλκοόλης και αιθέρα. Το στερεό υπόλειμμα που απομένει μετά την εξάτμιση του διαλύτη φωτογραφικού κολλοδίου παράγει μια σκληρή, ελαστική και αδιάβροχη ουσία, η οποία με τροποποιήσεις ξεκίνησε να χρησιμοποιείται το 1856 στην Αγγλία για την στεγανοποίηση υφασμάτων (αδιάβροχα υφάσματα) και ονομάστηκε **παρκεζίν** (parkensine).

Στην Αμερική παράχθηκε ένα πλαστικό με ανάμιξη στερεάς νιτροκυτταρίνης, καμφοράς και αλκοόλης υπό πίεση που, όμως, ήταν πιο εμπορικά επιτυχημένο και το 1873 απέκτησε το όνομα **ζελατίνη/κελλουλοΐτη** (Celluloid).

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα ανακαλύφθηκαν τα **πλαστικά καζεΐνης** (ή Galalith ή Erinoide) που προέκυψαν από αντίδραση της πρωτεΐνης γάλακτος, καζεΐνης, με φορμαλδεΰδη/μεθανόλη. Κατά το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα έγινε γνωστή η ικανότητα της φορμαλδεΰδης να σχηματίζει ρητινώδεις ουσίες, ενώ το 1899 εκδόθηκε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που αφορούσε ρητίνες φαινόλης-αλδεΰδης ως ηλεκτρικά μονωτικά υλικά, αντικαθιστώντας τον εβονίτη. (16) (17)

(16) Brydson, J. A., ό.π., σελ. 3-5
(17) <https://www.britannica.com/technology/celluloid>, 5 Δεκ. 2019

2.3.3. ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Το 1907 αναπτύχθηκε το **πλαστικό φαινόλης- αλδεύδης**, γνωστό ως **Βακελίτης**. Οι ρητίνες φαινόλης ήταν οι πρώτες εμπορικά επιτυχημένες πλήρως συνθετικές ρητίνες και τόνωσαν την έρευνα για νέες ρητίνες.

Το 1918 δημιουργήθηκαν **ρητίνες** με την αντίδραση **ουρίας με φορμαλδεύδη** οι οποίες διερευνήθηκαν περαιτέρω την περίοδο 1920-1924, κατά το τέλος της οποίας διερευνήθηκαν, επίσης, οι ρητίνες που προκύπτουν από την αντίδραση **θειουρίας με φορμαλδεύδη**. Όλες αυτές οι ρητίνες ήταν εμπορικά επιτυχημένες και διαδεδομένες στην κατασκευή κυρίως κόνεων χύτευσης, αλλά και κολλών και φινιρισμάτων υφασμάτων και χαρτιού, διότι, σε αντίθεση με τις ρητίνες φαινόλης, μπορούσαν να πάρουν ανοιχτόχρωμα χρώματα.

Ταυτόχρονα, παρουσιάστηκε η **οξική κυτταρίνη** που ανήκει στην κατηγορία των θερμοπλαστικών. Ενώ είχε χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στο παρελθόν ως βερνίκι για αεροσκάφη και για τεχνητές ίνες, η ανακάλυψη το 1927 κατάλληλων πλαστικοποιητών οδήγησε στην χρήση αυτού του υλικού σαν το μη αναφλέξιμο αντίστοιχο της ζελατίνης/κελλουλοΐτης. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1950 η οξική κυτταρίνη κατείχε την πρωτιά στην χύτευση με έγχυση.

Στην Γερμανία, γύρω στο 1930, παράχθηκε **πολυστυρόλιο** για πρώτη φορά.

Ενώ το 1912 είχε πραγματοποιηθεί ο πολυμερισμός χλωριούχου βινυλίου και συναφών ουσιών, από τον οποίο προέκυψε το **πολυχλωριούχο βινύλιο** (PVC), για πάνω από 15 χρόνια αποδείχθηκε ανυπέρβλητο πρόβλημα ο υψηλός ρυθμός αποσύνθεσης σε θερμοκρασίες επεξεργασίας.

Το 1930 ξεκίνησαν πειραματισμοί σχετικά με την επίδραση πίεσης έως 3000 ατμοσφαιρών σε δυαδικά και τριμερή οργανικά συστήματα, που είχαν ως αποτέλεσμα την ανακάλυψη του **πολυαιθυλενίου**. Αυτό το υλικό παρατηρήθηκε ότι είναι εξαιρετικό ηλεκτρικό μονωτικό και έχει πολύ καλή χημική αντοχή και, έτσι, το 1939, λίγο πριν το ξέσπασμα του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου, ξεκίνησε να λειτουργεί το πρώτο εργοστάσιο πολυαιθυλενίου. ⁽¹⁸⁾

⁽¹⁸⁾ Brydson, J. A., ό.π., σελ. 6-7

Την ίδια εποχή αναπτύχθηκε ένα άκαμπτο διαφανές θερμοπλαστικό υλικό με εμπορικά εφικτό κόστος, ο **πολυμεθανικός μεθυλεστέρας**. Αυτό το υλικό, κατά την διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου, χρησιμοποιήθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό στην κατασκευή τζαμιών αεροσκαφών και σε μικρότερο βαθμό στην κατασκευή οδοντοστοιχιών.

Όλα αυτά τα πλαστικά που αναπτύχθηκαν κατά την περίοδο 1930-1940 θεωρούνται παράγωγα του αιθυλενίου και έτσι αναφέρονταν ως **αιθινοειδή πλαστικά**, όμως συνήθως χρησιμοποιείται η κάπως ανακριβής ονομασία **πλαστικά βινυλίου**.

Το ξέσπασμα του πολέμου έφερε στο προσκήνιο τα πλαστικά αυξάνοντας την ζήτηση τους, κυρίως σαν υποκατάστατο φυσικών πλαστικών που ήταν σε έλλειψη όπως το φυσικό καουτσούκ και η γουταπέρκα, γεγονός που οδήγησε στην περαιτέρω διερεύνηση των πολυμερών και την κατασκευή πλαστικών σε μεγάλες κλίμακες.

Εμφανίστηκαν καινούρια υλικά όπως το **νάιλον**, που είχε αναπτυχθεί στα μέσα της δεκαετίας του 1930 ως ίνα και το 1941 ξεκίνησε να χρησιμοποιείται ως υλικό χύτευσης. Άλλο ένα νέο υλικό ήταν το **πολυτετραφθοροαιθυλένιο** (PTFE) γνωστό και ως Teflon, το οποίο ανακαλύφθηκε το 1941.

Σχετικά με τις θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες, το 1940 μπήκαν στην αγορά τα υλικά **μελαμίνης-φορμαλδεύδης**, λίγο αργότερα ξεκίνησαν οι πρώτοι πειραματισμοί με **εποξειδικές ρητίνες** και στην Αμερική, χρησιμοποιήθηκαν οι πρώτες **ρητίνες επαφής** με τις οποίες έγινε δυνατή η παραγωγή ελασμάτων χωρίς εξωτερική πίεση. ⁽¹⁸⁾

Ο 20ος αιώνας έφερε την οικογένεια των πλαστικών υλικών στο στάδιο της βιομηχανικής παραγωγής και η αρχιτεκτονική δεν έχασε χρόνο στην προσέγγισή της. Τα πρώτα έργα για πλαστικά κτίρια αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του 1940 και αφορούσαν κτίρια που σχεδιάστηκαν ως μια σειρά προκατασκευασμένων στοιχείων προκειμένου να αντισταθμιστεί η έλλειψη συμβατικών δομικών υλικών μετά το τέλος του 2^{ου} Παγκόσμιου Πολέμου. Αυτά τα έργα, ωστόσο, δεν έφτασαν ποτέ στην παραγωγή. (19) (20)

Την πρώτη δεκαετία μετά τον πόλεμο τα νεότερα συνθετικά υλικά απέκτησαν πολλές πρόσθετες εφαρμογές και αποτελούσαν ανταγωνισμό όχι μόνο για τα παλαιότερα πλαστικά αλλά και για υλικά όπως το μέταλλο, ξύλο, γυαλί και το δέρμα.

Αυτό ήταν το αποτέλεσμα του ότι παράγονταν σε μεγάλες ποσότητες με χαμηλό κόστος υλικά όπως το πολυαιθυλένιο και το πολυστυρένιο, τα οποία αρχικά αποτελούσαν αρκετά ακριβά εξειδικευμένα υλικά.

Όντας νέα υλικά, πολλές φορές χρησιμοποιούνταν με λάθος-ακατάλληλο τρόπο δημιουργώντας μια αύρα ανυποληψίας γύρω από τα πλαστικά, επηρεάζοντας αρνητικά την βιομηχανία τους, γεγονός το οποίο τελικά ξεπεράστηκε μετά από αρκετά χρόνια.

Την περίοδο 1945-1955 υπήρξε εμφανής εξέλιξη της ποιότητας στα ήδη υπάρχοντα πλαστικά αλλά μόνο λίγα καινούρια πλαστικά μπήκαν στην αγορά, από τα οποία το σημαντικότερο ήταν το **πολυστυρένιο υψηλής αντοχής**. (21)

Στα μέσα της δεκαετίας του 1950 ανακαλύφθηκαν νέα θερμοπλαστικά με πολύτιμες ιδιότητες, το **πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας** και το **πολυπροπυλένιο** καθώς και τα **ABS πολυμερή**, που προέκυψαν από την εξέλιξη των πολυστυρενίων υψηλής αντοχής. Πιο εξειδικευμένα υλικά ήταν οι **ακεταλικές ρητίνες** και τα **πολυανθρακικά**. Το πολυπροπυλένιο έπαιξε κρίσιμο ρόλο στην πιο σημαντική στιγμή της ιστορίας των πολυμερών, όπου η δομή των συνθετικών πολυμερών

(19) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, *ArchiLab's urban experiments: radical architecture, art and the city*, εκδ. Thames & Hudson/Mori Art Museum, London, 2005, σελ. 320
(20) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010, σελ. 10
(21) Brydson, J. A., ό.π., σελ.7-8

ήρθαν για πρώτη φορά πολύ κοντά με την δομή των φυσικών πολυμερών, κατέστη δυνατή η παραγωγή υλικών υψηλού μοριακού βάρους. Από την μέθοδο χρήσης οργανομεταλλικών ενώσεων σε συνδυασμό με ένα δεύτερο υλικό προέκυψαν τα νέα πολυαιθυλένια που είχαν υψηλότερο σημείο στο οποίο μαλάκωναν, ήταν πιο σκληρά και είχαν μεγαλύτερη πυκνότητα. Επίσης, αναπτύσσοντας αυτήν την μέθοδο προέκυψε ότι με την μεταβολή της λεπτομερούς μορφής του καταλύτη, θα μπορούσαν να παραχθούν διάφοροι τύποι πολυπροπυλενίου, όπως το **ισοτακτικό πολυπροπυλένιο**, επιτεύχθηκε ο πολυμερισμός αρκετών άλλων μονομερών και η δημιουργία των **καουτσούκ αιθυλενίου-προπυλενίου**. (21)

Την δεκαετία του 1950 επαινενεργοποιήθηκε το ιδεώδες του Σύγχρονου Κινήματος της ενσωμάτωσης όλων των τεχνών και από εκεί προέκυψε η ενθάρρυνση μιας γλυπτικής προσέγγισης της αρχιτεκτονικής, κυρίως στην Ευρώπη. Με αφορμή αυτό, το πλαστικό χρησιμοποιήθηκε πολύ για τους αρχιτεκτονικούς πειραματισμούς της εποχής. (22)

Η πρώτη εφαρμογή πλαστικών ενισχυμένων με ίνες γυαλιού (GRP) στην κατασκευή κτιρίων ήταν το 1954 για στρατιωτικούς θόλους ραντάρ. Αυτοί οι γεωδαιτικοί θόλοι που επινοήθηκαν από τον Richard Buckminster Fuller (εικ. 2.3), και ανακαλύφθηκαν στην αναζήτηση για γεωμετρικές μορφές της φύσης και συγκεκριμένα τους μικροοργανισμούς διάτομα και ακτινόζωα, αποτέλεσαν ιδανική εφαρμογή για το ελαφρύ, ημιδιαφανές και ηλεκτρομαγνητικά διαπερατό GRP υλικό. (21) (23)

Το 1956 χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά συνθετικά υλικά για να κατασκευαστεί ένα «πλήρως πλαστικό σπίτι» στο Παρίσι, για την προώθηση νέων εφαρμογών πλαστικών υλικών εξαγόμενων από άνθρακα. Σε συνεργασία με τη γαλλική χημική εταιρία Camus et Cie., οι αρχιτέκτονες Ionel Schein και Rene Andre Coulon μαζί με τον μηχανικό Yves Magnant ανέπτυξαν μια σειρά κατοικιών και ένα κτίριο με τη χρήση πλαστικού. Γνωστό ως το «κελύφους σαλιγκαριού» (snail shell house) λόγω της γεωμετρίας του, κατασκευάστηκε από ένα συνδυασμό επίπεδων και

(22) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 21, 26, 78
(23) Jeska, Simone, «Plastics: Ethereal Materials or Trash Culture», *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 444

μονοαξονικά καμπυλωμένων πάνελ σάντουιτς πλαστικού ενισχυμένων με ίνες γυαλιού (fiberglass). (εικ. 2.4) Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν συνολικά δεκατέσσερις ποικιλίες πλαστικού και όλα τα έπιπλα ήταν, επίσης, πλαστικά. Το οργανικά διαμορφωμένο «κελύφος σαλιγκαριού» (snail shell house) και η «κινητή καμπίνα ξενοδοχείου» (mobile hotel cabin) που αναπτύχθηκε τον ίδιο χρόνο ανέδειξαν τις δυνατότητες του σχεδιασμού με πλαστικά. (24) (25)

Ταυτόχρονα, έγινε ένα σημαντικό βήμα με την ανάπτυξη δομικών στοιχείων με μορφή «σάντουιτς», στα οποία τοποθετείται ένα μονωτικό υλικό πυρήνα ανάμεσα σε δύο λεπτά στρώματα πλαστικού ενισχυμένου με ίνες. Αυτή η τεχνολογία επέτρεψε τη δημιουργία ελαφρών και ταυτόχρονα άκαμπτων κελυφών. Το σπίτι του μέλλοντος του Monsanto (εικ. 2.5) (αρχιτέκτονες: Richard Hamilton και Marvin Goody, μηχανικός: Albert Dietz, ΗΠΑ, 1957) έκανε χρήση αυτής της αρχής και ήταν η πρώτη πλαστική κατοικία που αναπτύχθηκε πλήρως για μαζική παραγωγή. Αν και, τελικά, δημιουργήθηκε μόνο το πρωτότυπο, αυτό το κτίριο είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί γρήγορα το ενδιαφέρον για τις πλαστικές κατοικίες σε όλο τον κόσμο. (26)

2.4
Snail shell
house



2.5 Future Monsanto House

Τις δεκαετίες του 1960 και 1970 αναπτύχθηκαν πιο εξειδικευμένα, όχι γενικής χρήσης, πλαστικά, όπως τα **πολυσουλφόνια**, τα υλικά **τύπου PP0**, **αρωματικοί πολυεστέρες** και **πολυαμίδια** και τα **ιονομερή**. Επιπλέον, εμφανίστηκαν νέα

(24) Brydson, J. A., ό.π., σελ. 7-9
(25) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, ό.π., σελ. 10-11
(26) Jeska, Simone, ό.π., σελ. 444

σημαντικά υλικά σχετικά με τις ίνες και τα καουτσούκ, όπως οι **ίνες ορομιδίου** και τα ποικίλα **θερμοπλαστικά καουτσούκ**. Ο διαχωρισμός μεταξύ πλαστικών και καουτσούκ (rubbers) έγινε δυσκολότερος. Ακόμα, υπήρξε σημαντική ανάπτυξη των βιομηχανιών πλαστικών σε όλο τον κόσμο και η παραγωγή έφθασε σε πολύ υψηλά επίπεδα μέχρι το 1973 με την κρίση του πετρελαίου, υλικό από το οποίο ήταν, και είναι ακόμα σε μεγάλο βαθμό, εξαρτόμενα τα πλαστικά. (24)

Την δεκαετία του 1960 υπήρξαν προσπάθειες να δημιουργηθεί «οργανική αρχιτεκτονική» χρησιμοποιώντας εύκαμπτους όγκους και συνεχείς επιφάνειες, δημιουργώντας καμπυλόγραμμη αρχιτεκτονική χωρίς ορθές γωνίες, κάτι στο οποίο βοήθησε το πλαστικό λόγω των ιδιοτήτων του. Νέα πλαστικά υλικά δημιούργησαν δυνατότητες χύτευσης μπαλονιών, αποτελώντας πηγή έμπνευσης για ουτοπικές μελλοντικές κατοικίες και πόλεις. Οι αρχιτέκτονες άρχισαν να διαμορφώνουν τον αστικό χώρο σαν τους καλλιτέχνες, δημιουργώντας τις «φουσκωτές» πόλεις.

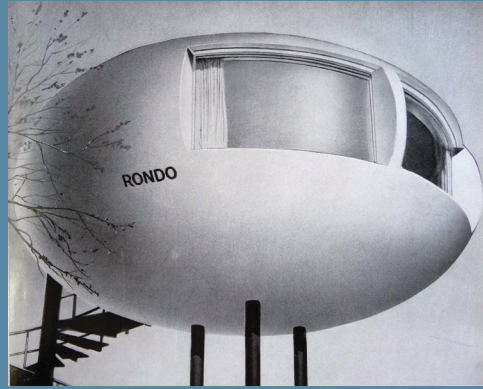
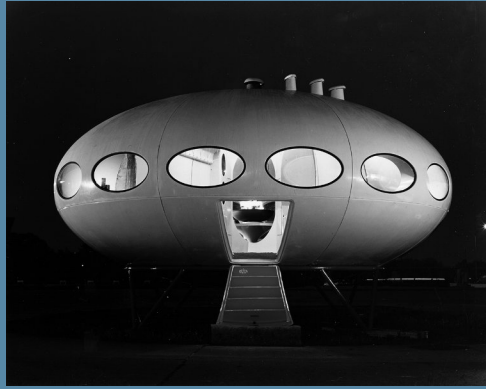
Στην Αγγλία, αυτήν την δεκαετία, οι Archigram ανέπτυξαν έργα για πλωτές κατασκευές όπως «η πόλη που περπατάει» και «η άμεση πόλη» (Walking City, Instant City (εικ. 2.6)). (27)

Ένα από τα κορυφαία σημεία της πλαστικής αρχιτεκτονικής ήταν η διεθνής έκθεση πλαστικής κατοικίας, IKA (International Plastic Housing Exhibition) στο Ludenscheid της Γερμανίας, η οποία από το 1971 έφερε μια σειρά πρωτοτύπων για οικογενειακές κατοικίες και εξοχικές κατοικίες, συμπεριλαμβανομένου του «Futuro» (εικ. 2.7) (αρχιτέκτονας: Matti Suuronen, μηχανικός: Yrjo Ronkka), του «Rondo» (εικ. 2.8) (αρχιτέκτονες: Casoni & Casoni, μηχανικός: Rene Walther), του «fg 2000» (αρχιτέκτονας: Wolfgang Feierbach, μηχανικός: Gerhard Dietrich, Carsten Langlie) και του «Bulle Six Coques» (εικ. 2.9) (αρχιτέκτονας Jean Benjamin Maneval, μηχανικός Yves Magnant). (28)

2.6
Instant City
Archigram

(27) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 21, 26, 44
(28) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, ό.π., σελ. 11-12

2.7
Futuro



2.8 Rondo

Οι τεχνικές απαιτήσεις της μαζικής παραγωγής ήταν συχνά το σημείο εκκίνησης για τον σχεδιασμό με πλαστικό, αν και τα ίδια τα πρωτότυπα γίνονταν συνήθως με το χέρι και η πλειοψηφία των έργων δεν έφτανε ποτέ πέρα από το πρωτότυπο. Μία εξαίρεση ήταν η Polyvilla, μια ορθογώνια υβριδική κατασκευή με παραδοσιακή μορφή, από ελαφρύ σκυρόδεμα και πλαστικό, η οποία κατασκευάστηκε πάνω από 500 φορές μέσα σε δέκα χρόνια.

Το δομικό δυναμικό και οι τεχνικές επιδόσεις των πλαστικών ενισχυμένων με ίνες είχαν ιδιαίτερη χρήση για οροφές μεγάλου ανοίγματος. Ένα παράδειγμα είναι το περίπτερο Les echanges Pavillion (εικ. 2.10) από τον Ελβετό μηχανικό Heinz Hossdorf που παρουσιάστηκε στο Εxpo 1964 στη Λωζάνη, μια προκατασκευασμένη κατασκευή που αποτελείται από ένα πλέγμα από πολλαπλά στοιχεία σε μορφή ομπρέλας, κατασκευασμένα από 3 χιλιοστά πάχους GRP τμήματα. (29)

Επιπλέον παράδειγμα τέτοιου είδους κατασκευής αποτελεί το τεμαχισμένο κέλυφος θόλου της οροφής της αίθουσας αγοράς στο Argenteuil (εικ. 2.9) του Γάλλου μηχανικού Stephane du Chateau, κατασκευασμένο από 30 προκατασκευασμένα στοιχεία κελύφους GRP πάχους 6 χιλιοστών σε μια υποκείμενη ελαφριά κατασκευή χάλυβα και διάμετρο 30 μέτρα. (30)

(29) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, ό.π., σελ. 12

(30) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, ό.π., σελ. 11-13

2.9
Bulle Six Coques



Αίθουσα αγοράς στο Argenteuil
2.11

2.10

Les echanges Pavillion

Την περίοδο 1945-1973 όπου τα πλαστικά υλικά ήταν πολύ οικονομικά άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε όλο και περισσότερους τομείς και μπορούν να βρεθούν ακόμη και σήμερα στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, στην συσκευασία προϊόντων, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στα σκάφη από υαλοβάμβακα, στα αεροσκάφη, στην βιομηχανία ενδυμάτων, στον γεωργικό, γενικής ιατρικής, φωτογραφικό και αθλητικό εξοπλισμό, κ.α. (31)

(31) Brydson, J. A., ό.π., σελ. 12-14

Παραδόξως, το πλαστικό θα κατακτούσε άλλες βιομηχανίες πιο εύκολα από την κατοικία. Τα πρωτοποριακά κτίρια της δεκαετίας του 1950 έως τη δεκαετία του 1970 δεν οδήγησαν σε εκτεταμένη υιοθέτηση των κατοικιών από πλαστικό. Μέχρι το 1972, ούτε ένα από τα μόνο-πλαστικά σπίτια δεν είχε κατασκευαστεί μαζικά. Αυτό οφείλεται στην πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970 που οδήγησε σε σημαντική αύξηση της τιμής των πλαστικών καθώς και στο γεγονός ότι η αντισυμβατική εμφάνιση των κατοικιών και ο τρόπος διαβίωσης που ενέπνεαν δεν έγιναν αποδεκτά από το κοινό. Πολύ λίγοι πελάτες ήταν πρόθυμοι να πραγματοποιήσουν το όνειρο της δημιουργίας της δικής τους κατοικίας στη μορφή ενός βιομηχανικού μαζικής παραγωγής πλαστικού σπιτιού, ιδιαίτερα επειδή δεν ήταν πολύ φθηνότερα από ένα συμβατικό. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν η δυσκολία επίτευξης της έγκρισης ελέγχου του κτιρίου καθώς αρκετά πρωτότυπα εμφάνιζαν φυσικά ελαττώματα (π.χ. μούχλα) και μειωμένη αντοχή ως προς την πυρασφάλεια.

Μετά από αυτή την περίοδο, τα πλαστικά εξακολουθούσαν να χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους για μεμονωμένα στοιχεία, αλλά μόνο σπάνια και σε ειδικές περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν ολόκληρα κτίρια από πλαστικό.

Αυτή η πλαστικότητα, η οποία επιδιώχθηκε στην αρχιτεκτονική της δεκαετίας του 1960, επιτεύχθηκε τρεις δεκαετίες αργότερα, όταν η ψηφιακή τεχνολογία κατέστησε δυνατή την παραγωγή σύνθετων μορφών. Έτσι, τα πλαστικά άρχισαν να βιώνουν μια αναγέννηση στον τομέα της αρχιτεκτονικής και της κατασκευής. Εκτός από τα δομικά στοιχεία και τα εξαρτήματα για τις τεχνικές και κατασκευαστικές εγκαταστάσεις (σωληνώσεις, μόνωση), τα πλαστικά χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ως υλικά υψηλής απόδοσης για τη στήριξη κατασκευών και την επικάλυψη όψεων. Η χρήση πλαστικών για την κατασκευή επικαλύψεων εξαρτάται από τα θερμικά και φυσικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται, αλλά για φέρουσες κατασκευές τα πλαστικά ενισχυμένα με ίνες εξακολουθούν να είναι η πλέον διαδεδομένη επιλογή. (32) (33)

(32) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, ό.π., σελ. 11-13
(33) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 320

2.2.4. ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

Στα μέσα με τέλη της δεκαετίας του 1980 σχεδιαστές και αρχιτέκτονες προσπάθησαν να αποτυπώσουν στις δημιουργίες τους το γενικότερο κλίμα οικολογικής ευαισθητοποίησης όμως δεν υπήρχαν τότε οικολογικά υλικά. Πρωτοεμφανίστηκαν τα επόμενα χρόνια και δεν είχαν τις απαραίτητες προδιαγραφές τόσο ως προς την αντοχή όσο και στην αισθητική τους. Τώρα, μέσα από τεράστιες εξελίξεις, τα **βιοπλαστικά** έχουν τις ίδιες μηχανικές και τεχνικές ιδιότητες με τα πετροχημικά πλαστικά. (34)

Ένα άλλο νέο υλικό είναι το **πλαστικό που «τρώει» άνθρακα**. Ερευνητές χημικών μηχανικών στο MIT και το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Riverside έχουν αναπτύξει ένα υλικό που απορροφά συνεχώς το αέριο του θερμοκηπίου και απομιμείται το φαινόμενο σταθεροποίησης άνθρακα που πραγματοποιείται στα φυτά. (35)

Αυτό το υλικό, όπως και πολλά από τα βιοπλαστικά, βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο και αναμένεται να εξελιχθεί περισσότερο.

(34) Stattmann, Nicola, «Bio-Plastics», *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 518
(35) Brownell, Blaine, *Material Trends to Watch in 2019*, 2019, https://www.architectmagazine.com/practice/material-trends-to-watch-in-2019_o, 10 Δεκ. 2019

03

ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Με τον όρο «Πλαστική Αρχιτεκτονική» εννοείται εκείνη η αρχιτεκτονική η αισθητική της οποίας είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένη με το πλαστικό, και αν αφαιρεθεί αυτό το υλικό χάνει τις ποιότητές της, τον χαρακτήρα της και την αρχιτεκτονική της διάσταση, μένει απλά ένα κτίριο, μια κατασκευή. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού αυτής της «Πλαστικής Αρχιτεκτονικής» και των χαρακτηριστικών της όπως η πλαστικότητα, η στενή σχέση με την τεχνολογία και η δημιουργία νεωτερικών περίπλοκων μορφών.

3.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Τα πλαστικά χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στον σημερινό κατασκευαστικό τομέα για τις ιδιότητές τους, είτε τεχνικές, είτε αισθητικές. Μπορεί να επιλεγούν, έναντι άλλων υλικών, λόγω των ιδιαίτερων υφών τους, λόγω της διαύγειας και της ικανότητάς τους να δημιουργήσουν ιριδίζοντα χρωματικά εφέ.

Δεδομένου ότι το πλαστικό είναι ένα υλικό χαμηλού κόστους, έχει εφαρμοστεί για να δοκιμάσει ασυνήθιστες, νέες προσεγγίσεις στο σχεδιασμό. Μέσω αυτού, το πλαστικό αισθητικά αντικατοπτρίζει, τον πειραματικό χαρακτήρα της σχεδιαστικής ιδέας. Επιπλέον, οι υπολογιστές επιτρέπουν πιο πολύπλοκα σχέδια και δομικούς υπολογισμούς και, ως αποτέλεσμα, τα οργανικά σχέδια και τα όνειρα της εικονικής αρχιτεκτονικής τελικά γίνονται πραγματικότητα, κατά κύριο λόγο με την χρήση του πλαστικού.

Ασυνήθιστα υλικά και τεχνικές στην αρχιτεκτονική, όπως το πλαστικό και η χρήση του φωτός (εικ. 3.1) (smart materials, media facades, κ.α.) δεν έχουν κάποια ιστορία, ούτε όμως και απαραίτητα είναι αυτό που θα λέγαμε «τα υλικά του μέλλοντος». Τα αποτυπωμένα ή φωτισμένα πλαστικά κελύφη πέρα από τις αισθητικές τους ιδιότητες, παρέχουν αρχιτεκτονική με ένα πρόσθετο επίπεδο σημασίας. Το υλικό γίνεται μέσο πληροφόρησης, με επίκεντρο την επιφάνειά του. Αυτό θα μπορούσε, από την μία πλευρά, να οδηγήσει σε περιθωριοποίηση της μορφής, υποβιβάζοντάς την σε κάτι που απλά το στηρίζει ή, από την άλλη πλευρά, μπορεί το υλικό και η μορφή να συγχωνευτούν και να γίνουν φαινομενικά αδιάσπαστα. [36] [37]

3.1

D-tower
NOX

[36] Jeska, Simone, «Plastics: Ethereal Materials or Trash Culture», *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics*, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 444

[37] Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, *Archilab's urban experiments: radical architecture, art and the city*, εκδ. Thames & Hudson/Mori Art Museum, London, 2005, σελ. 302

3.2. ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Πλαστικότητα είναι η ιδιότητα ενός σώματος να παραμορφώνεται μόνιμα υπό την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων χωρίς να θραύεται, καθώς και η ιδιότητα κάποιου πράγματος, όπως ένα κτίριο, να δίνει την εντύπωση ότι έχει ευλυγισία, ποικιλία και εναλλαγή μορφών. [38]

Η πλαστικότητα στην αρχιτεκτονική προέρχεται από τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται. Από την αρχαιότητα υπήρχαν κτίσματα με γλυπτικές μορφές, καμπύλες και τόξα, όμως αυτές οι μορφές δεν προκύπτουν από τις πλαστικές ιδιότητες των υλικών. Εδώ γίνεται αναφορά σε αυτήν την πλαστική ιδιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευαστική βιομηχανία.

Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας μέσα από προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να γίνει στατική ανάλυση και υπολογισμός των διάφορων δυνάμεων που ασκούνται σε ένα κτίριο με όλο και πολυπλοκότερες μορφές. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να αξιοποιήσουμε την πλαστικότητα των υλικών.

Τα υλικά που έχουν πλαστικότητα έχουν ένα στάδιο στο οποίο είναι ρευστά και μπορούν να χυτευθούν. Έτσι, μπορούν να μουν σε καλούπια και να πάρουν ό,τι μορφή θελήσουμε. Τέτοια υλικά είναι το σκυρόδεμα, το μέταλλο και το πλαστικό.

Αυτά τα υλικά μέσα από την τεχνολογία δίνουν ώθηση στην φαντασία των αρχιτεκτόνων, στην πρωτοπορία, στην δημιουργία όχι μόνο νέων μορφών αλλά και νέων ιδεολογιών και κοινωνιών. Πολλές φορές δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μορφών που ούτε θα μπορούσαμε να φανταστούμε ότι μπορούν να κατασκευαστούν και άλλες φορές αποτελεί έναυσμα για τον οραματισμό μελλοντικών κτιρίων και πόλεων. Κόπως έτσι ξεκίνησαν τα σχέδια για τις ουτοπικές πόλεις.

[38] Μπομπινιώτης, Γεώργιος Δ., *Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας*, 2η έκδοση, εκδ. Κέντρο λεξιλογίας επε, Αθήνα, 2002, σελ. 1418

Η πλαστικότητα αποτελεί την βασική ιδιότητα των πλαστικών. Η προσαρμοστικότητα και ευελιξία των πλαστικών αποτελούν τον λόγο που τα πλαστικά αντικαθιστούν πολλά άλλα υλικά.

Η μεταλλαξιμότητα των πλαστικών, συνδέει το συνθετικό υλικό με την ψηφιακή αρχιτεκτονική μορφή. Οι ελεύθερες μορφές, η ψηφιακή αρχιτεκτονική και τα διαφανή πλαστικά αποτελούν έναν ιδανικό συνδυασμό. Ανάλογα με το πόσο άυλες είναι οι ψηφιακές μορφές, ενσαρκώνουν τον θρίαμβο του νου πάνω από την ύλη. Ως διαφανές και σχεδόν χωρίς βάρος υλικό, φαίνεται να είναι πιο κοντά στην πνευματική σφαίρα από την υλική.

Οι τεχνικές τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D printing), η πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (laser sintering) και η στερεο-λιθογραφία (stereo-lithography), που λειτουργούν μόνο με υλικά σε υγρή μορφή όπως πλαστικό ή μέταλλο, επιτρέπουν την κατασκευή στοιχείων σε στρώματα. Οι νέες τεχνικές παραγωγής συνδέουν το πλαστικό με τον κόσμο των ψηφιακών μορφών, αφού μια μορφή που βρίσκεται στον υπολογιστή μπορεί απλά να «εκτυπωθεί» στον χώρο.

Μια πιθανή μέθοδος σχεδιασμού και εύρεσης μορφών για την δημιουργία ψηφιακών μορφών είναι η προσομοίωση της βιολογικής επεξεργασίας, των φαινομένων και των δομών. Η χρήση του πλαστικού σε τέτοιες εφαρμογές είναι μια ιδανική λύση, διότι η μεταφορά σύνθετων δομών και γεωμετριών από τη φύση στην αρχιτεκτονική απαιτεί ένα υλικό που μπορεί να διαμορφωθεί κατά βούληση, είναι δομικά αποτελεσματικό, προσαρμόσιμο και ικανό να αναλάβει μια ποικιλία ιδιοτήτων. (39)

Έτσι, η πλαστικότητα είναι στενά συνδεδεμένη με την ροϊκότητα και, ως συνέπεια, την οργανικότητα. Η σχέση μεταξύ της γεωμετρικής και οργανικής μορφής, γίνεται αντιληπτή πολλές φορές σαν τη σχέση μεταξύ λογικού και παράλογου. Η πλαστικότητα και οργανικότητα σημαίνει αντι-φορμαλισμό, αντιστέκεται στην αυτονομία, τη ασυνέχεια και τα συστήματα από μόνα τους. Βλέπει την αρχιτεκτονική γλώσσα ως ένα με την φύση και της εμπειρίας με την οποία είναι συνεχής, αντί να βλέπει τη μορφή ως ένα υπόστρωμα γλώσσας που συνδέεται με τη φύση μόνο μέσω σκοπιμότητας. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργούνται μορφές που έχουν ρευστότητα, ελευθερία και κυρίως ενότητα και συνέχεια. (40)

«Έτσι, περισσότερο από μια ουσία, το πλαστικό είναι η ίδια η ιδέα του άπειρου μετασχηματισμού [...] είναι λιγότερο πράγμα και περισσότερο ένα ίχνος κίνησης»

Roland Barthes

4.1. ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Inland Revenue Amenity, Nottingham, 1994

Burj Al Arab, Ντουμπάι, 1994–1999

Eden Project, Cornwall, 1995–2000

Water Cube, Πεκίνο, 2008

Self-sustainable Floating Pavilion, Rijnhaven, Ρότερνταμ, 2013

2015 Serpentine Gallery Pavilion, Λονδίνο, 2015

Anti-Palace of Plastic, Plasencia, Ισπανία, 2017

Aqua-Scape, Ιαπωνία, 2006

Wall House, Santiago de Chile, 2007

ICD/ITKE Research Pavilion 2012, Στουτγάρδη, 2012

ICD/ITKE Research Pavilion 2016–17, Στουτγάρδη, 2016–2017

Olympic Swimming Facility, Μόναχο, 1972, 2003

Flagship Store and Headquarters, Λονδίνο, 2008

Office Pavilion, Μαδρίτη, 2009

4.2. ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Plastic House, Meguro-ku, Τόκιο, 2002

Hoofddorp bus Station, Hoofddorp, Ολλανδία, 2003

Entrance Pavilion, Basel, 2006

Chanel Contemporary Art Container, 2008–2010

SFMOMA, SoMa, Σαν Φρανσίσκο, 2013

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Σε αυτό το κεφαλαίο γίνεται αναζήτηση και ανάδειξη των δυνατοτήτων εφαρμογής των διάφορων πλαστικών υλικών ακολουθώντας τον διαχωρισμό των οικοδομικών πλαστικών με βάση τη θερμική και μηχανική τους συμπεριφορά, σε θερμοπλαστικά, θερμοσκληρυνόμενα και ελαστομερή, και την χρονολογική σειρά πραγματοποίησης των έργων. Απώτερος σκοπός αποτελεί ο εντοπισμός διαφορετικών ποιοτήτων που προσδίδονται στην αρχιτεκτονική ανάλογα με το είδος και τον τρόπο εφαρμογής των διάφορων πλαστικών υλικών.

4.1. ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE/Teflon)

Τα επικαλυμμένα με πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE) υφάσματα από ίνες γυαλιού χρησιμοποιούνται για κατασκευές μόνιμης εφελκυστικής μεμβράνης. Σε μια πυρκαγιά, το PTFE εκπέμπει τοξικά προϊόντα καύσης, αλλά μόνο σε θερμοκρασίες πάνω από τις οποίες οποιοδήποτε ύφασμα θα είχε ήδη αστοχήσει. Οι μεμβράνες από ίνες γυαλιού με επικάλυψη PTFE είναι ακριβότερες από εκείνες από πολυεστέρα με επίστρωση PVC, αλλά είναι γενικά πιο ανθεκτικές με αναμενόμενη διάρκεια ζωής άνω των 20-25 ετών.

Η ταινία PTFE έχει πολύ χαμηλό συντελεστή τριβής και υψηλό σημείο τήξης, ιδιότητες που την κάνουν ιδανική για χρήση ως ταινία στεγανοποίησης για αρμούς σε σωλήνες νερού και αερίου. Χρησιμοποιείται επίσης για τον σχηματισμό αρμών ολίσθησης σε μεγάλες κατασκευές. [41]

Στα παρακάτω παραδείγματα βλέπουμε την χρήση του PTFE ως υλικό επικάλυψης σε μεμβράνες εφελκυσμού, στην μία περίπτωση για τη δημιουργία στοιχείου οροφής και στην άλλη για την δημιουργία στοιχείου όψης που μετατρέπεται σε οθόνη.

[41] Lyons, Arthur, *Materials For Architects And Builders*, 4th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Hong Kong, China, 2010, σελ.310-311

Inland Revenue Amenity, Nottingham, 1994

Το κτίριο Inland Revenue Amenity στο Νότινχαμ και το Millennium Dome στο Γκρήνουιτς είναι στεγασμένα με μεμβράνες εφελκυσμού υαλοβάμβακα επικαλυμμένες με PTFE (Teflon). Το ημιδιαφανές ύφασμα δίνει καλά φωτισμένους εσωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια της ημέρας και εντυπωσιακές επιφάνειες που λάμπουν τη νύχτα. Στο κτίριο του Nottingham, η οροφή της μεμβράνης αναρτάται από τέσσερις χαλύβδινες κολόνες και συνδέεται με τη σταθερή κατασκευή κάτω από φουσκωτά στοιχεία που απορροφούν οποιαδήποτε κίνηση. [41]



4.1
Inland
Revenue
Amenity



4.2, 4.3
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

Burj Al Arab, Ντουμπάι, 1994-1999

Το επτά αστέρων ξενοδοχείο Burj Al Arab, «Πύργος των Αράβων», ύψους 321 μέτρων, είναι επενδυμένο σε μία όψη με μια μεμβράνη εφελκυσμού με ίνες γυαλιού επικαλυμμένη με PTFE. Βρίσκεται στο Ντουμπάι και σχεδιάστηκε από τους W. S. Atkins. Ήταν το πρώτο κτίριο που χρησιμοποίησε αυτό το υλικό προσανατολισμένο κατακόρυφα. Αποτελεί την ψηλότερη κατασκευή του κόσμου που ενσωματώνει μια πρόσοψη μεμβράνης. Κατασκευάστηκε για να μοιάζει με το πανί ενός αραβικού ιστιοφόρου σκάφους και τοποθετείται έτσι ώστε η σκιά του να μην καλύπτει την παραλία.

Η ανοιχτή πλευρά της κάτοψης σε σχήμα V είναι εγκιβωτισμένη με πρόσοψη μεμβράνης 15.000 μ² και ύψους 200 μ. 12 επιμέρους τεντωμένες μεμβράνες δύο στρωμάτων σχηματίζουν τη βόρεια πρόσοψη, η οποία περικλείει το τεράστιο αίθριο 18 ορόφων. Το βράδυ η ημιδιαφανής πρόσοψη γυάλινων ινών PTFE γίνεται μια γιγαντιαία οθόνη προβολής. Το υλικό της μεμβράνης έχει εξαιρετική αντίσταση ενάντια στις ακραίες ακτινοβολίες UV, μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας, αμμοθύελλες και φωτιά. (42) (43)

4.4
Burj Al Arab



4.5
Φωτισμένο
Burj Al Arab

4.6 Λεπτομέρεια όψης

(42) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 311

(43) <https://www.stylepark.com/en/hightex/ptfe-coated-glass-fabric-burj-al-arab>, 6 Φεβ.2020

Τετραφθοροαιθυλένιο αιθυλενίου (ETFE)

Το συμπολυμερές αιθυλενίου τετραφθοροαιθυλενίου (ETFE) χρησιμοποιείται ως διαφανές φύλλο για χαμηλής πίεσης φουσκωτά, μεταλλικά πλαισιωμένα, «μαξιλάρια» περιβλήματος κτιρίων. Αυτό το υλικό, όταν χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συστημάτων με δύο ή πέντε στρώσεις αέρα, προσφέρει μεγαλύτερη θερμομόνωση με μεγαλύτερη διαφάνεια στο υπεριώδες φως, έναντι του γυαλιού.

Το ETFE είναι ισχυρό, δεν σπάει, έχει το μισό κόστος και μόνο το ένα εκατοστό του βάρους του αντίστοιχου γυαλιού, και με αναμενόμενη διάρκεια ζωής 25 ετών, μπορεί να επισκευαστεί εύκολα και να ανακυκλωθεί. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα του αυτόματου εξαερισμού καπνού σε αίθριο ETFE, με την ενσωμάτωση ηλεκτρικών καλωδίων στα πλαίσια των «μαξιλαριών», τα οποία σε περίπτωση πυρκαγιάς απελευθερώνουν τα μαξιλάρια, εκτός από ένα σημείο.

Τα επίπεδα εκπομπής φωτός μέσω των μαξιλαριών ETFE μπορούν να ρυθμίζονται συνεχώς με τη χρήση μερικώς τυπωμένων εσωτερικών στρωμάτων μέσα στα μαξιλάρια, τα οποία μπορούν να μετακινηθούν πιο κοντά ή πιο μακριά, αλλάζοντας την πίεση του αέρα, και κατά συνέπεια την σκίαση. (42)

Στα παραδείγματα που παρουσιάζονται εδώ το ETFE εφαρμόζεται ως στοιχείο δημιουργίας κελύφους σε συνδυασμό με μεταλλικά πλαίσια. Στα περισσότερα έχει τη μορφή φουσκωτού «μαξιλαριού», ενώ στα άλλα είναι σε μορφή λεπτών φύλλων.

Eden Project, Cornwall, 1995-2000

Το κέντρο Eden, Cornwall από τους Grimshaw Architects, διαθέτει ένα περίβλημα χωρικών πλαισίων από χάλυβα για τα biomes, θόλους που στεγάζουν φυτά από όλο τον κόσμο. Η δομή σχηματίζεται από ένα εικοσαεδρικό γεωδαιτικό εξωτερικό στρώμα και με ένα συνδυασμό εξάγωνων, πεντάγωνων και τριγώνων για το εσωτερικό στρώμα του τρισδιάστατου χωρικού πλαισίου.

Τα διαφανή «παράθυρα» σε κάθε εξάγωνο και πεντάγωνο αποτελούνται από ETFE. Κάθε «παράθυρο» έχει τρία στρώματα από αυτό το διογκωμένο υλικό, για να δημιουργήσει ένα «μαξιλάρι» μήκους 2 μ. Για να διατηρηθεί η πλήρωση αέρα των «μαξιλαριών» ETFE απαιτείται μόνο ένα μικρό σύστημα άντλησης, που τροφοδοτείται από φωτοβολταϊκά. (44) (45)

4.8
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

4.7
Eden Project



4.9 Λεπτομέρεια κελύφους

(44) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 311

(45) <https://www.edenproject.com/eden-story/behind-the-scenes/architecture-at-eden>, 31 Ιαν. 2020

Water Cube, Πεκίνο, 2008

Το Εθνικό Κέντρο Υγρού Στίβου, γνωστό και ως Water Cube, σχεδιάστηκε από τους PTW Architects και Arup, και κατασκευάστηκε για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του Πεκίνου 2008. Αυτό το κτίριο στεγάζει πέντε πισίνες, ένα εστιατόριο και θέσεις και εγκαταστάσεις για 17.000 θεατές. Η μορφή του κτιρίου είναι εμπνευσμένη από τον φυσικό σχηματισμό φυσαλίδων σαπουνιού. Η κατασκευή βασισμένη σε αυτή τη μοναδική γεωμετρία είναι επαναλαμβανόμενη και οικοδομήσιμη, ενώ φαίνεται να είναι οργανική και τυχαία.

Για την εξαιρετικά βιώσιμη πρόσοψη επιλέχθηκε το ETFE, διότι ζυγίζει πολύ λιγότερο από το γυαλί, έχει καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες και αυτο-καθαρίζεται με την βροχή. Τα ημιδιαφανή πάνελ ETFE εξασφαλίζουν ότι το κέντρο φωτίζεται καλά κατά τη διάρκεια της ημέρας με τα κατάλληλα επίπεδα εσωτερικού φωτισμού, οπτικής σύνδεσης και οπτικής άνεσης. Μέσω αυτού, επιτυγχάνεται μέχρι και 55% εξοικονόμηση στη χρήση ενέργειας φωτισμού στην αίθουσα πισίνας αναψυχής. Επιπλέον, περίπου το 20% της ηλιακής ενέργειας που πέφτει στο κτίριο παγιδεύεται μέσα σε αυτό και χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των πισινών και του εσωτερικού χώρου.

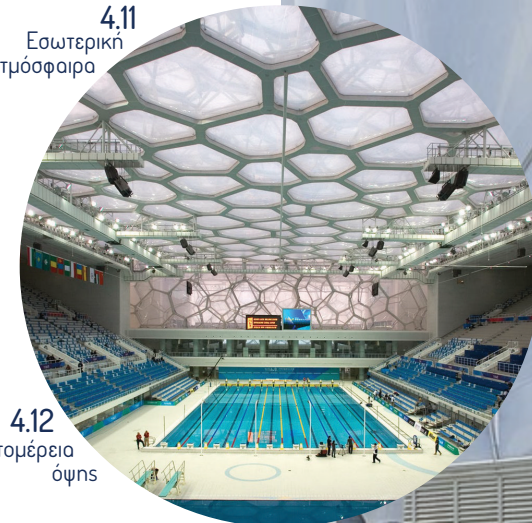
Αν και το Water Cube φαίνεται εύθραυστο, η κατασκευή του είναι ιδανική για τις σεισμικές συνθήκες στο Πεκίνο και είναι σύμφωνα με τους δημιουργούς του «το πιο αντισεισμικό κτίριο στον κόσμο». (46)

4.10
Water
Cube



4.11
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

4.12
Λεπτομέρεια
όψης



(46) <https://www.arup.com/projects/chinese-national-aquatics-center>, 6 Οεβ. 2020

Self-sustainable Floating Pavilion, Rijnhaven, Ρότερνταμ, 2013

Προκειμένου να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και να επιδιώξει να αποτελέσει την παγκόσμια πρωτεύουσα μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα, μειώνοντας τις εκπομπές του κατά 50%, το Ρότερνταμ ανέπτυξε ένα σύνολο αυτοδύναμων πλωτών κατασκευών με φιλόδοξα σχέδια προσαρμογής στα αυξανόμενα επίπεδα της θάλασσας. Το έργο είναι ένας τρόπος καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και αποτελείται από τρεις συνδεδεμένους θόλους που είναι αγκυροβολημένοι στο παλιό λιμάνι της ολλανδικής πόλης Rijnhaven.

Το περίπτερο σχεδιάστηκε από τους DeltaSync και Publicdomain Architects και αποτελεί ένα πρωτοφανές παράδειγμα καινοτόμου, βιώσιμης και κλιματικής αρχιτεκτονικής. Η ιδέα είναι ότι οι κατασκευές φιλοξενούν διαφορετικές χρήσεις, αλλά κυρίως μια κοινότητα πλωτών κατοικιών. Το ημιδιαφανές καταφύγιο βασίζεται στην ηλιακή ενέργεια και η δομή του είναι κατασκευασμένη από αντιδιαβρωτικό πλαστικό ETFE, το οποίο είναι πολύ ελαφρύ και επομένως ιδανικό για μια πλωτή κατασκευή. [47]



4.14
Λεπτομέρεια
κελύφους



4.13
Floating pavilion

[47] Pereira, Matheus, *Facing the Climate Crisis: 5 Projects with Innovative Solutions*, 2020
https://www.archdaily.com/931928/facing-the-climate-crisis-5-projects-with-innovative-solutions?fbclid=IwAR3PUMf1qYD5YNI3U_WHyxg4aeQr-EELlwdGPbglmHqj2K4dPeBdFrDpsIU, 6 Φεβ. 2020

2015 Serpentine Gallery Pavilion, Λονδίνο, 2015

Το 2015 Serpentine Gallery Pavilion του Λονδίνου είναι μια πολύχρωμη πλαστική κατασκευή σχεδιασμένη από τους SelgasCano σε συνεργασία με τους μηχανικούς Aecom και David Glover. Αποτελείται από ένα πολύ λεπτό χαλύβδινο πλαίσιο τυλιγμένο με πολύχρωμα φύλλα ETFE και χαρακτηρίζεται από «μυστικούς διαδρόμους» που παρέχουν πρόσβαση στον κύριο εσωτερικό χώρο, εμπνευσμένο από το πολυεπίπεδο και μερικές φορές χαοτικό δίκτυο του υπόγειου σιδηρόδρομου του Λονδίνου. Η χρήση του έγχρωμου ETFE παρέχει την κατασκευή με κίνηση και ελαφρότητα καθώς το πλαστικό μπορεί να παραμορφωθεί λίγο μέσα στο άκαμπτο χαλύβδινο πλαίσιο, προσφέροντας μια δυναμική και σχεδόν εύθραυστη εναλλακτική λύση στις συνήθεις προσδοκίες του εσωτερικού χώρου. το ETFE που χρησιμοποιήθηκε τυπώθηκε σε 19 χρώματα για να επιτευχθεί αυτό καλειδοσκοπικό αποτέλεσμα. [48]

4.15
2015 Serpentine Pavilion



[48] Stott, Rory, *SelgasCano's 2015 Serpentine Gallery Pavilion Opens*, 2015
<https://www.archdaily.com/645194/selgascano-s-2015-serpentine-gallery-pavilion-opens>, 6 Φεβ. 2020

4.16
Λεπτομέρεια
κατασκευής



4.17
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

Anti-Palace of Plastic, Plasencia, Ισπανία, 2017

Το νέο συνεδριακό κέντρο στο Plasencia προκαλεί πολλούς διαφορετικές συνειρμούς, όπως διαστημόπλοιο, τεράστιο τροχόσπιτο, ογκώδες βράχος. Ο José Selgas και η Lucía Cano σύνδεσαν το πολιτιστικό κέντρο με το τοπίο, κάνοντας το κτίριο να έχει μορφή θάμνου, με κέλυφος από ETFE. Κτισμένο εν μέσω της οικονομικής κρίσης και με πολλές εξοικονομήσεις πίσω από αυτό, το κτίριο κόστισε μόνο 17 εκατομμύρια ευρώ. Το πλαστικό και άλλα μεταλλικά στοιχεία του κτιρίου προσδίδουν σε αυτό το πολιτιστικό οικοδόμημα την αίσθηση του ανεπίσημου χαρακτήρα. Η εικόνα του κόκκινου χαλιού είναι κάτι που οι SelgasCano χρησιμοποιούν ειρωνικά από την πορτοκαλί γέφυρα πρόσβασης μέχρι το κοκκινωπό-πορτοκαλί τεχνητό γκαζόν.

Τα αλληλοσυνδεόμενα επίπεδα του κτιρίου φαίνεται να ρέουν οπτικά μεταξύ τους, παρέχοντας μια σειρά οπτικών εναλλαγών μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού, του ημιδιαφανή και του διαφανή. Κατά το σούρουπο και την αυγή, οι χώροι λάμπουν μέσα από την ημιδιαπερατή μεμβράνη και το κτίριο αποσύρεται εξ ολοκλήρου μέσα στο σκοτεινό περιβάλλον της περιοχής προστατευόμενης περιοχής. (49)

4.19
Φωτισμένο
Anti-palace
of plastic

4.18
Anti-Palace of Plastic



4.20 Εσωτερική ατμόσφαιρα

(49) <https://www.detail-online.com/en/article/anti-palace-of-plastic-cultural-centre-in-plasencia-31726/>, 6 Φεβ. 2020

Πολυανθρακικό/Πολυκαρβονικό (PC)

Τα πολυανθρακικά (polycarbonates, PCs) χρησιμοποιούνται ως υαλοπίνακες, με υψηλή αντοχή σε κρούσεις, καλή οπτική διαφάνεια και χαμηλή πιθανότητα ανάφλεξης. Τα πολυανθρακικά τζάμια χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για θόλους οροφής, χώρους καπνιστών, στέγαστρα αυτοκινήτων και υπόστεγα. Αυτά αποτελούν μια ελαφριά εναλλακτική λύση του παραδοσιακού γυαλιού. Τα εξωθημένα κυψελωτά συστήματα διπλού, τριπλού, πενταπλού και επταπλού τοίχου από πολυανθρακικά προσφέρουν συνδυασμένες θερμομονωτικές και ανθεκτικές στους βανδαλισμούς ιδιότητες. Η προστατευτική εξωτερική επιφάνεια εμποδίζει την υπεριώδη υποβάθμιση για 10 χρόνια και οι διατομές μπορεί να είναι καμπυλωμένες εντός των ορίων των προδιαγραφών του κατασκευαστή. (50)

Στη συνέχεια βλέπουμε παραδείγματα στα οποία έχει εφαρμοστεί το πολυανθρακικό υλικό. Στην πρώτη περίπτωση βρίσκεται σε μορφή ινών οι οποίες πλέκονται μεταξύ τους για να συνθέσουν ένα κέλυφος, ενώ στην δεύτερη περίπτωση βρίσκεται σε μορφή πάνελ από διάφανα φύλλα τα οποία λειτουργούν σαν διαχωριστικό, δημιουργώντας ενδιάμεσους χώρους.

(50) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 311

Aqua-Scape, Ιαπωνία, 2006

Το Aqua-Scape είναι ένα πλωτό περίπτερο στην κεντρική πισίνα του συνεδριακού και εμπορικού κέντρου Echigo-Tsumari Exchange Centre στην περιοχή Tokamachi της Ιαπωνίας, στο οποίο πραγματοποιούνται εβδομαδιαίες αγορές και μια τριενάλε τέχνης. Το Aqua-Scape συνδυάζει την λογική του origami με υλικά τελευταίας τεχνολογίας. Τα πλαστικά φύλλα με μια δομή από συνενωμένες ίνες πολυαιθυλενίου και ελαστικές πτυχώσεις αναδιπλώνονται και υφαίνονται σταυροειδώς σε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Η κατασκευή κρατιέται στη θέση της με πλαστικά κορδόνια πολυεστέρα υπό τάση. Η πίσω πλευρά του χώρου είναι κλεισμένη με φύλλο πολυανθρακικού διπλού τοιχώματος. Τα μπλε LED φώτα είναι ενσωματωμένα στο κέλυφος του κουκουλιού. (51)

4.22
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

4.21
Aqua scape



(51) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 466

Wall House, Santiago de Chile, 2007

Οι FAR frohn και rojas στον σχεδιασμό της κατοικίας στο Σαντιάγκο της Χιλής είχαν ως αρχή ότι τα ψηλά φράγματα πρασίνου που περιβάλλουν σχεδόν κάθε αγροτεμάχιο στην περιοχή είναι το εξωτερικό όριο της κατοικίας το οποίο σταδιακά γίνεται πιο συμπαγές προς τον πυρήνα του και θολώνει τα σύνορα μεταξύ του μέσα και του έξω. Ο χαμηλός προϋπολογισμός δεν τους εμπόδιζε να εφαρμόσουν μια πολύπλοκη ιδέα. Το κτίριο χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες-στρώματα, που είναι διαφοροποιημένα τόσο ως προς τη γεωμετρία τους όσο και κλιματολογικά, έχοντας ξεχωριστούς ρόλους και συμβάλλοντας στην ιεράρχηση των χώρων. Ένας ορθογώνιος πυρήνας από σκυρόδεμα αποτελεί το εσωτερικό στοιχείο των δομικών και κλιματικών συστημάτων ελέγχου. Το επόμενο στρώμα είναι πιο διαπερατό και αποτελείται από δύο σύνολα με ράφια τα οποία συνθέτουν τη βασική δομή του κτιρίου. Το τρίτο στρώμα, είναι ένα διαφανές κλιματικό κέλυφος από πολυανθρακικά φύλλα που στηρίζονται με γυψοσανίδες. Τέλος, ένα στρώμα τύπου σκηνής από πολυμερές ύφασμα περιβάλλει τα υπόλοιπα στρώματα. Οι δύο κύριοι χώροι έχουν μεγάλο ύψος και πλημμυρίζουν με φως. (52)

4.23
Wall House



4.24
Πανέλα από
πολυανθρακικά
φύλλα

4.25
Εσωτερική
ατμόσφαιρα



(52) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 478-479

Ίνες άνθρακα

Οι ίνες άνθρακα, που αναπτύχθηκαν αρχικά για την αεροδιαστημική βιομηχανία, συνδυάζουν τη δύναμη και την ακαμψία με χαμηλό βάρος, αλλά έχουν κακή αντίσταση στην κρούση. Παράγονται από ίνες πολυακρυλονιτριλίου και όπως οι ίνες γυαλιού, είναι διαθέσιμες ως ύφασμα, με τεμαχισμένο ή συνεχές νήμα. Οι ίνες άνθρακα έχουν μικρό αρνητικό συντελεστή διαστολής κατά μήκος του άξονα των ινών. έτσι μπορούν να παραχθούν σύνθετα υλικά μηδενικής θερμικής διαστολής.

(53)

Ίνες αραμιδίου/Kevlar

Οι ίνες αραμιδίου/Kevlar (πολυαραβενζαμίδιο) παράγονται με εξώθηση ψυχρού διαλύματος του πολυμερούς σε έναν κύλινδρο στους 200° C, προκαλώντας την εξάτμιση του διαλύτη. Οι ίνες που προκύπτουν τεντώνονται με μια διαδικασία έλξης, η οποία ευθυγραμμίζει τα πολυμερή μόρια κατά μήκος των ινών για να παράγει ένα υλικό με πολύ υψηλό μέτρο ελαστικότητας, που χρησιμοποιείται σε σχοινιά και σύνθετα πλαστικά. Τα αραμίδια είναι υγρά κρυσταλλικά πολυμερή αρωματικών πολυαμιδίων, με υψηλή αναλογία αντοχής προς βάρος σε τάση, αλλά φτωχότερες ιδιότητες υπό συμπίεση ή κάμψη. Η αντίσταση στην πρόσκρουση είναι μεγαλύτερη από αυτή των ινών άνθρακα. Διατίθεται μια ποικιλία προϊόντων με μια σειρά από ιδιότητες επιμήκυνσης και αντοχής στην κρούση. Τα σύνθετα υλικά από ίνες αραμιδίου παρουσιάζουν καλή αντοχή στην τριβή.

Οι ίνες άνθρακα και αραμιδίου μπορούν να συνδυαστούν σε ένα σύνθετο υλικό όπου απαιτούνται όλες οι ιδιότητες της αντοχής, ακαμψίας και ανθεκτικότητας στην κρούση. Αν και οι πολυεστερικές ρητίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό πυρήνα σε συνδυασμό με ίνες άνθρακα ή αραμιδίου, συνήθως αυτές οι ακριβότερες ίνες ενσωματώνονται σε εποξειδικές ρητίνες υψηλότερης απόδοσης.

(53) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 325

Εκτός από την διαδικασία παραγωγής GRP, για την κατασκευή εξαρτημάτων ενισχυμένων με ίνες άνθρακα χρησιμοποιούνται, επιπλέον, η «τραβηχτή διέλαση» (pultrusion), ένας συνδυασμός εξώθησης και έλξης για την κατασκευή συνεχόμενων συμπαγών ή κοίλων προφίλ, και ο «προ-εμποτισμός» (preimpregnation), επιστρωση των ινών με ένα μίγμα ρητίνης και πρόσθετων σκλήρυνσης, το οποίο μπορεί να αποθηκευτεί κατεψυγμένο, στη συνέχεια να αποψυχθεί και να χυτευθεί όταν απαιτείται.

Χρησιμοποιώντας διαδικασίες χύτευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να κατασκευαστούν μεγάλες και σύνθετες κατασκευές. Αυτές οι ίνες μπορούν να εφαρμοστούν στην ενίσχυση σκυροδέματος, χάλυβα, τοιχοποιίας, ξυλείας και χυτοσιδήρου. Παρόλο που χρησιμοποιείται συνήθως για διορθωτικές εργασίες, αυτός ο τύπος ενίσχυσης μπορεί επίσης να ληφθεί υπόψη για νέα στοιχεία κατασκευής. (54) (55)

Στις παρακάτω πειραματικές κατασκευές έχουν εφαρμοστεί ίνες αραμιδίου σε συνδυασμό με ίνες γυαλιού, με σκοπό την ενδυνάμωση της κατασκευής και της ανθεκτικότητάς της, για τη δημιουργία περίπλοκων πλαστικών μορφών, ελεύθερου σχήματος.

ICD/ITKE Research Pavilion 2012, Στουτγάρδη, 2012

Το Νοέμβριο του 2012, το Ινστιτούτο Υπολογιστικής Σχεδιασμού (ICD) και το Ινστιτούτο Δομικών Έργων και Δομικών Σχεδιασμών (ITKE) του Πανεπιστημίου της Στουτγάρδης κατασκεύασαν ένα ερευνητικό περίπτερο που είναι εξ ολοκλήρου ρομποτικά κατασκευασμένο από σύνθετα υλικά από ίνες άνθρακα και γυαλιού. Αυτό το διεπιστημονικό έργο, που διεξάγεται από αρχιτέκτονες και μηχανικούς, ερευνητές, φοιτητές και βιολόγους, διερευνά την πιθανή αλληλεπίδραση μεταξύ στρατηγικών βιομιμητικής σχεδίασης και καινοτόμων διαδικασιών ρομποτικής παραγωγής. Η έρευνα επικεντρώθηκε στις υλικές και μορφολογικές αρχές του

(54) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 313, 325-326

(55) Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσης, *Σύνθετα Υλικά*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2007, σελ. 141, 180

εξωσκελετού του αστακού ως πηγή εξερεύνησης για ένα νέο σύνθετο παράδειγμα κατασκευής στην αρχιτεκτονική.

Η κατασκευή του κελύφους βασίστηκε σε ένα σύνθετο σύστημα ινών στο οποίο οι κορεσμένες με ρητίνη ίνες άνθρακα και γυαλιού τοποθετούνταν συνεχόμενα από ένα ρομπότ σε ένα προσωρινό ελαφρύ, γραμμικό χαλύβδινο πλαίσιο με καθορισμένα σημεία αγκύρωσης μεταξύ των οποίων τεντώθηκαν οι ίνες. Έξι διαφορετικές αλληλουχίες περιέλιξης νημάτων ελέγχουν την παραλλαγή της στρωματοποίησης των ινών και του προσανατολισμού των ινών των επιμέρους στρωμάτων σε κάθε σημείο του κελύφους. Έχουν σχεδιαστεί για να ελαχιστοποιούν την κατανάλωση υλικών ενώ παράλληλα μεγιστοποιούν την ακαμψία της δομής που έχει ως αποτέλεσμα σημαντική υλική απόδοση και πολύ ελαφριά δομή.

Οι ίνες γυαλιού χρησιμοποιούνται κυρίως ως στοιχείο διαχωρισμού και ως καλούπι για τα επόμενα στρώματα, ενώ οι σκληρότερες ίνες άνθρακα συνεισφέρουν πρωτίστως στη μεταφορά φορτίων και στην ακαμψία του συστήματος. Εκτός από τις δομικές ίνες άνθρακα για τη μεταφορά φορτίου και τις ίνες γυαλιού για τη χωρική άρθρωση, λειτουργικές ίνες για φωτισμό και δομική παρακολούθηση ενσωματώθηκαν στο σύστημα. Η ενσωμάτωση των μεθόδων παραγωγής φόρμας, οι υπολογιστικές προσομοιώσεις και η ρομποτική κατασκευή, επέτρεψαν την ανάπτυξη μιας δομής υψηλής απόδοσης, καθώς η κατασκευή απαιτεί μόνο ένα πάχος κελύφους 4 χιλ. σύνθετου υλικού, το οποίο εκτείνεται 8 μέτρα. [56]

4.27
2012
Research
Pavilion



[56] <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/icd-itke-research-pavilion-2012/>, 10 Φεβ. 2020

ICD/ITKE Research Pavilion 2016-17, Στουτγάρδη, 2016-2017

Το Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μελετών και Κατασκευών (ICD) και το Ινστιτούτο Δομικών Έργων και Δομικών Σχεδιασμών (ITKE) του Πανεπιστημίου της Στουτγάρδης, με τη συμμετοχή φοιτητών, ερευνητών, αρχιτεκτόνων, μηχανικών και βιολόγων, δημιούργησαν ένα ερευνητικό περίπτερο που διερευνά την κατασκευή οικοδομικών στοιχείων από σύνθετα υλικά ενισχυμένα με ίνες άνθρακα και γυαλί. Μέσω της ελαφρότητας και της μεγάλης αντοχής σε εφελκυσμό των ινών είναι δυνατή μια ριζικά διαφορετική προσέγγιση της κατασκευής.

Το ερευνητικό περίπτερο ICD / ITKE 2016-17 δημιουργήθηκε με την τοποθέτηση ενός συνδυασμού 184 χιλιομέτρων ινών από άνθρακα και γυαλί εμποτισμένο με ρητίνη. Το σύστημα ελαφρού υλικού χρησιμοποιήθηκε για να δημιουργήσει ένα ενιαίο μακρόστενο πρόβολο με συνολικό μήκος 12 μ. ως ένα ακραίο δομικό σενάριο. Η επιφάνεια καλύπτει περίπου 40 μ² και ζυγίζει περίπου 1 τόνο. Η έρευνα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες του υπολογιστικού σχεδιασμού και κατασκευής μέσω της ενσωμάτωσης των δομικών δυνατοτήτων, της συμπεριφοράς των υλικών, των λογικών κατασκευής, των βιολογικών αρχών και των περιορισμών αρχιτεκτονικού σχεδιασμού σε ολοκληρωμένο υπολογιστικό σχεδιασμό και κατασκευή. Το πρωτότυπο περίπτερο είναι μια απόδειξη της ιδέας για κλιμακούμενες διεργασίες κατασκευής δομικών στοιχείων σύνθετων ινών μεγάλου μήκους, κατάλληλων για αρχιτεκτονικές εφαρμογές. [57]

4.28
2016-17
Research
Pavilion



4.29
Πλέξη
ινών

[57] <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/icd-itke-research-pavilion-2016-17/>, 10 Φεβ. 2020

PVC-U

Το PVC-U χρησιμοποιείται ευρέως για προϊόντα βρόχινου νερού, για σωλήνες εδάφους και αποβλήτων, συνήθως σε άσπρο, γκρι, μαύρο ή καφέ. Χρησιμοποιείται επίσης χρωματικά κωδικοποιημένο για υπόγεια ύδατα, φυσικό αέριο, ηλεκτρικά και τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Το PVC-U χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την κατασκευή εξωθημένων πλαισίων παραθύρων, πλαισίων πόρτας και Θερμοκηπίων. Όπου επιτυγχάνεται ανεπαρκής ακαμψία μόνο με το PVC-U, τα πρόσθετα χάλυβα παρέχουν δύναμη και πρόσθετη προστασία. Το PVC-U χρησιμοποιείται στην κατασκευή ημιδιαφανών, διαφανών και έγχρωμων επικαλυμμένων φύλλων για κατασκευές όπως στέγαστρα για αυτοκίνητα και Θερμοκήπια, όπου απαιτείται οικονομικό προϊόν, αν και τελικά τα προϊόντα αποχρωματίζονται λόγω του άμεσου υπεριώδους φωτός. Το PVC-U μπορεί να ανακυκλωθεί αρκετές φορές χωρίς απώλεια της απόδοσής του. (58)

PVC-UE

Το εξωθημένο κυψελοειδές μη πλαστικοποιημένο PVC (PVC-UE) χρησιμοποιείται για επενδύσεις, σοφίτες, σανίδες παραθύρων, σανίδες οροφής και άλλα παρόμοια στοιχεία. Η αναλογία υψηλής ακαμψίας προς βάρος προκύπτει από το συνδυασμό ενός πυκνού εξωτερικού δέρματος και ενός πορώδους πυρήνα, τα οποία στοθεροποιούνται με μεταλλικά πρόσθετα για την πρόληψη της αποικοδόμησης και του αποχρωματισμού. Το υλικό λιώνει στην φωτιά, αλλά περιορίζει την εξάπλωση της φλόγας. (58)

Κατασκευές μεμβράνης εφελκυσμού με PVC

Ο επικαλυμμένος με PVC πολυεστέρας είναι το σύνθη υλικό που χρησιμοποιείται για τις εφελκυστικές κατασκευές μεμβράνης και τις τέντες. Η ανθεκτικότητα εξορτάται άμεσα από τον βαθμό της διαφάνειας, και με βαθμό 15% μπορεί να αναμένεται μια περίοδος 15 ετών. Ενώ, σε μεγαλύτερα επίπεδα διαφάνειας ο αναμενόμενος χρόνος συντήρησης είναι σημαντικά μειωμένος, τα φθοροπολυμερή

βερνίκια στην επιφάνεια του υφάσματος ενισχύουν την ανθεκτικότητά του. Τα υφάσματα έχουν μια ποικιλία χρωμάτων και σχεδίων, αν και το λευκό είναι το καθιερωμένο. Οι επικαλυμμένες με PVC μεμβράνες πολυεστέρας είναι μια φθηνότερη εναλλακτική λύση από τα επικαλυμμένα με PTFE υφάσματα, αλλά είναι εύφλεκτα. Επίσης, ο πολυεστέρας επικαλυμμένος με PVC είναι πιο εύκαμπτος από τον υαλοβάμβακα (fiberglass) με επικάλυψη PTFE και επομένως είναι το προτιμώμενο υλικό για προσωρινές κατασκευές που μπορούν να διπλωθούν για μεταφορά και αποθήκευση. Η χρήση διπλής καμπυλότητας μέσα στα στοιχεία πάνελ παρέχει δομική ακαμψία στη συνολική δομή της μεμβράνης. Επιπλέον, είναι δυνατή η επιτόπου επιδιόρθωση της κατασκευής. (58)

Ακρυλικό, Plexiglass (PMMA)

Ο πολυμεθακρυλικός εστέρας (PMMA), γνωστός με το βιομηχανικό όνομα Plexiglass, είναι ένα ελαφρύ, διαφανές θερμοπλαστικό υλικό με εξαιρετική αντοχή, αντίσταση στην κρούση, ακαμψία και οπτική διαύγεια. Το ακρυλικό φύλλο είναι εύκολο να κατασκευαστεί, συνδέεται καλά με κόλλες και διαλύτες και είναι εύκολο να διαμορφωθεί με θερμότητα. Επιπλέον, έχει εξαιρετικές ιδιότητες έναντι του καιρού σε σύγκριση με πολλά άλλα διαφανή πλαστικά. Το ακρυλικό φύλλο παρουσιάζει γυάλινες ιδιότητες με το μισό βάρος σε σχέση με το γυαλί. Οι ιδιότητες του κάνουν αυτό το υλικό μια δημοφιλή επιλογή για αρχιτεκτονικές εφαρμογές, όπως παράθυρα, υαλοστάσια, φεγγίτες και επένδυση προσόψεων. (59) (60)

Στα επόμενα έργα η χρήση του Plexiglass έχει καθοριστικό ρόλο. Στην πρώτη περίπτωση έχει τον ρόλο ενός μανδύα που καλύπτει μια τεράστια κατασκευή και στηρίζει την εσωτερική μεμβράνη. Στην δεύτερη περίπτωση λειτουργεί ως ενοποιητικό στοιχείο διαφορετικών χρήσεων, ενώ στην τρίτη περίπτωση, αντί για γυαλί, χρησιμοποιήθηκαν ακρυλικά φύλλα για τη δημιουργία μιας καμπύλης διάφανης επιφάνειας.

(58) Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 310

(59) <https://www.curbellplastics.com/Research-Solutions/Materials/Acrylic>, 2 Φεβ. 2020

(60) Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζιάκης, Διονύσης, ό.π., σελ. 154

Olympic Swimming Facility, Μόναχο, 1972, 2003

Η Ολυμπιακή εγκατάσταση κολύμβησης στο Μόναχο ήταν μία από τις κατασκευές που ανεγέρθηκαν για τους Θερινούς Ολυμπιακούς του 1972, για την οποία ήταν υπεύθυνοι, με επικεφαλής τον Jörg Schlaich, οι αρχιτέκτονες Behnisch + Partner και ο Frei Otto, και μηχανικοί οι Leonhardt + Andrä. Η οργανικής μορφής οροφή που μοιάζει με σκηνή είναι μια εφελκυσμένη κατασκευή με ημιδιαφανή επένδυση από ακρυλικό γυαλί (plexiglass), η οποία καλύπτει το στάδιο, την αίθουσα αθλητισμού και το κέντρο κολύμβησης. Αν και η επένδυση στέγης σχεδιάστηκε με αναμενόμενη διάρκεια ζωής 12 ετών, η ανανέωση της κρίθηκε αναγκαία το 1997, ενώ μετά από 30 χρόνια χρήσης, το 2003, είχε εξαντληθεί η φέρουσα ικανότητα της εφελκυστικής κατασκευής της αναρτημένης οροφής. Έτσι, οι αρχιτέκτονες Auer + Weber σε συνεργασία με τους μηχανικούς Schlaich Bergermann και Partner κλήθηκαν να αντικαταστήσουν πλήρως την εσωτερική μεμβράνη της οροφής του κολυμβητικού κέντρου.

Στην αρχική κατασκευή οροφής η μεμβράνη, επιφάνειας 8250 μ², αποτελούταν από δεκαεπτά στοιχεία μεγέθους από 80 έως 950 μ², τα οποία ήταν σταθεροποιημένα με σχοινιά. Το δίκτυο των καλωδίων αναρτήθηκε από 219 «φύλλα τριφυλλιού», το καθένα από τα οποία αποτελείται από τέσσερις ράβδους υψηλής αντοχής από χάλυβα ελατηρίου με ολική διάμετρο 1,20 μ. Μία από τις δύο κορυφές της μεμβράνης στηρίζεται από ένα εσωτερικό κατακόρυφο στοιχείο και η άλλη είναι αναρτημένη από έναν εξωτερικό πύργο.

Θεωρήθηκε πρωταρχικής σημασίας η διατήρηση της αρχικής διαφάνειας της στέγης, παρά τις αυξημένες απαιτήσεις θερμομόνωσης. Η πλήρης αντικατάσταση των γεφυρών φωτισμού με ελαφρύτερα στοιχεία επέτρεψε μια αισθητή μείωση της ποσότητας των αιωρούμενων κατασκευών, μειώνοντας έτσι τις διεισδύσεις μέσω της οροφής της μεμβράνης. Τα στοιχεία της στέγης που εφαρμόστηκαν είναι, από κάτω προς τα πάνω, φέρουσα μεμβράνη από ύφασμα από πολυεστέρα επικαλυμμένο με PVC, μόνωση από πολυεστέρα πάχους 7 εκ. και διαφανές στρώμα στεγανοποίησης με φύλλα ETFE. (61)

4.30 Λεπτομέρεια ακρυλικού κελύφους

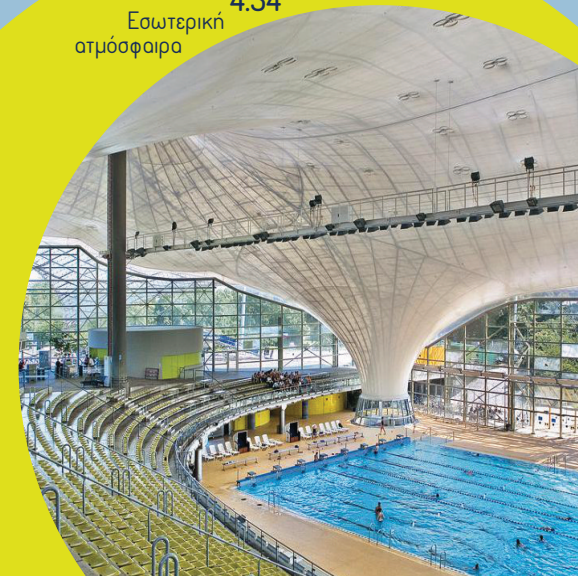
(61) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 508, 514



4.31
Munich
Swimming
Facility



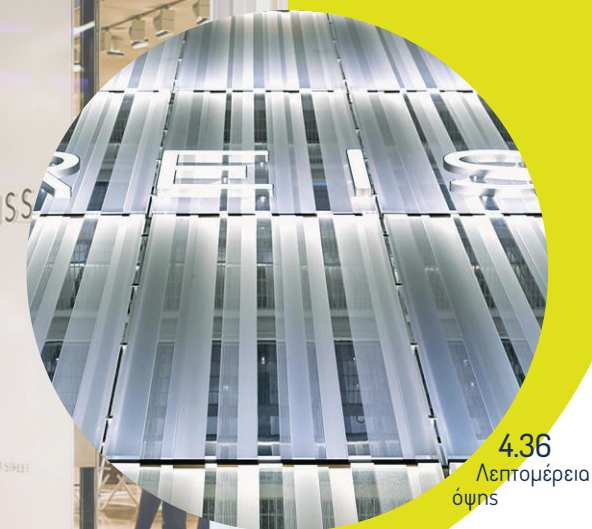
4.34
Εσωτερική
ατμόσφαιρα



Flagship Store and Headquarters, Λονδίνο, 2008

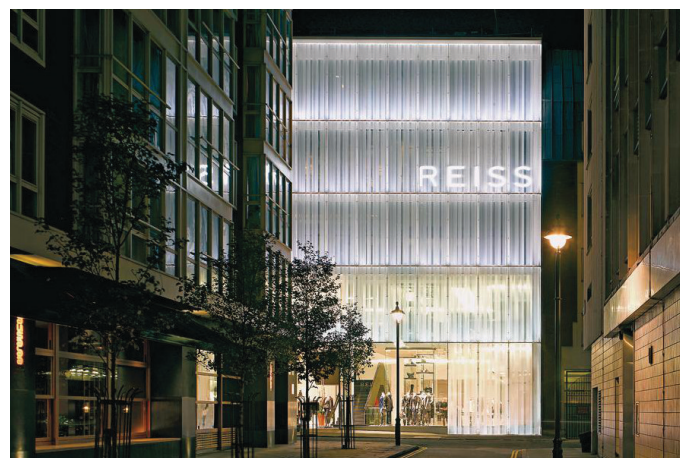
Τέσσερις ομάδες κλήθηκαν σε διαγωνισμό για να αναπτύξουν ένα αναγνωρίσιμο κτίριο σε μια τοποθεσία δίπλα στην Οξφόρδη, για τα κεντρικά της εταιρίας ρουχισμού Reiss στο Λονδίνο. Αυτό το κτίριο συνδυάζει διάφορες λειτουργίες κάτω από μια στέγη: κατάστημα σε 3 ορόφους, πάνω από αυτό ένα στούντιο σχεδιασμού, τα δωμάτια των ράφτρων, η διοίκηση και ένα ρετιρέ. Η εταιρία Squire and Partners του Λονδίνου αποκρύπτει τις διάφορες λειτουργίες πίσω από ένα πέπλο φύλλων από ακρυλικό γυαλί. Οι κατακόρυφες αυλακώσεις τους με ποικίλα πλάτη δημιουργούν ξεχωριστές εντυπώσεις, ανάλογα με την ένταση του φωτός και τη γωνία του θεατή. Η πρόσοψη είναι πιο εντυπωσιακή τη νύχτα: οι λωρίδες με LED κάτω από κάθε ακρυλικό πάνελ μετατρέπουν την όψη σε ημι-διαφανή κουρτίνα φωτός. (62)

060



4.36
Λεπτομέρεια
όψης

4.37 Λεπτομέρεια όψης



4.35
Reiss London

(62) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 498

Office Pavilion, Μαδρίτη, 2009

Το Θέμα αυτής της μελέτης που πραγματοποιήθηκε από τους SelgasCano στο δάσος κοντά στη Μαδρίτη, είναι η εργασία κάτω από τα δέντρα. Για αυτό χρειάστηκε μια όσο το δυνατόν πιο διαφανή κάλυψη και, ταυτόχρονα, έπρεπε να προστατευτεί η περιοχή των γραφείων από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό επιτεύχθηκαν με την κάλυψη με καμπύλο φύλλο άχρωμου πλεξιγκλάς 20 χιλ. το βόρειο τμήμα, και με ένα διπλό φύλλο υαλοβάμβακα και πολυεστέρα το νότιο τμήμα, στη μέση του οποίου υπάρχει ημιδιαφανής μόνωση από αφρώδες πολυαιθυλένιο για να διατηρηθεί η διαφάνεια του πολυεστέρα. Τα τρία στοιχεία σχηματίζουν ένα «σάντουιτς» συνολικού πάχους 110 χιλ. Το διαφανές τμήμα κατασκευάστηκε με πλάκες από καμπύλο πλεξιγκλάς και τοποθετήθηκαν φύλλα σιλικόνης στις άκρες του για στεγανοποίηση μεταξύ των στοιχείων. Οι δύο άλλες πλευρές του κτιρίου είναι κατασκευασμένες από 10 χιλ. λευκή μεθακρυλική πλάκα σε ένα χαλύβδινο πλαίσιο που μέσω τροχαλιών και αντιβάρων ανοίγουν τελείως για να επιτρέψουν την κυκλοφορία του αέρα. (63)

061

4.38
Office Pavilion



4.39
Εσωτερική
ατμόσφαιρα



(63) Turner, Brad, *Office in the Woods by SelgasCano*, 2009
<https://www.dezeen.com/2009/06/11/office-in-the-woods-by-selgascano/>, 6 Φεβ. 2020

4.2. ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Φαινόλη φορμαλδεύδη (PF)

Η φαινόλη φορμαλδεύδη (PF) ήταν και παραμένει η φθηνότερη θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη. Η κύρια χρήση της είναι στην παραγωγή ελασμάτων με την θερμή συμπίεση στρώσεων χαρτιού, υφάσματος ή υάλου εμποτισμένων με ρητίνη. Η σκληρυμένη ρητίνη είναι καφέ, αλλά τα ανθεκτικά στη θερμότητα ελασματοποιημένα φύλλα, για τις επιφάνειες εργασίας και την επικάλυψη τοίχου, είναι ελασματοποιημένα με διακοσμητικό τυπωμένο χαρτί και επικαλύπτονται με διάφανο φινιρίσμα φορμαλδεύδης μελαμίνης. Η φαινόλη φορμαλδεύδη είναι ανθεκτική στην ανάφλεξη, αλλά παράγει έντονη μυρωδιά κατά την καύση. ^[64]

Πλαστικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού (GRP)

Η ρητίνη πολυεστέρα είναι η ρητίνη που συνήθως χρησιμοποιείται για την δημιουργία πλαστικών ενισχυμένων με ίνες γυαλιού, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες όπως η φαινολική, η εποξειδική και η πολυουρεθάνη. Οι γυάλινες ίνες ως συνεχείς ραβδώσεις ή τεμαχισμένες κλωστές χρησιμοποιούνται για τους περισσότερους σκοπούς. Η αναλογία των ινών γυαλιού κυμαίνεται ευρέως από 20% έως 80% κατά βάρος, ανάλογα με την απαιτούμενη αντοχή. Εναλλακτικές ίνες υψηλότερου εφελκυσμού περιλαμβάνουν τα πολυαραμίδια όπως Kevlar και ίνες άνθρακα, αλλά αυτά είναι πολύ πιο ακριβά από το γυαλί. ^[65]

Ο υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος του GRP το καθιστά ένα εξαιρετικά κατάλληλο υλικό για την κατασκευή μεγάλων πάνελ, αλλά οι περιορισμοί κόστους στην κατασκευή καλουπιών μειώνουν τον αριθμό των παραλλαγών των πάνελ στο ελάχιστο. Τα φινιρίσματα μπορεί να είναι μεμονωμένα χρωματισμένα ή να έχουν ενσωματωμένο φινιρίσμα από φυσική πέτρα.

Επιπλέον, μπορεί να είναι χρωματισμένο έτσι ώστε να προσομοιώνει διάφορα ξύλα, σχιστόλιθο, πέτρα Portland ή Cotswold, μολυβδο και χαλκό.

Η επιλογή του GRP, για παράδειγμα ως πάνελ επένδυσης, δίνει τη δική του αισθητική σε ένα κτίριο. Οι καμπύλες άκρες σε πλαίσια και ανοίγματα προτιμώνται για τη μείωση των πιέσεων στις αιχμηρές γωνίες, ενώ τα στοιχεία των οποίων τα φινιρίσματα έχουν ελαφρές υφές είναι γενικά πιο ανθεκτικά από τα λεία, για την έκθεση σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης, το GRP μπορεί να κατασκευαστεί με πρόσθετα ανθεκτικά στη φωτιά. Οι φαινολικές ρητίνες έχουν το πλεονέκτημα χαμηλότερης ευφλεκτότητας και εκπομπών καπνού. Η μακροπρόθεσμη παραμόρφωση του GRP αποκλείει τη χρήση του ως υλικό φέροντος οργανισμού, αν και κατασκευάζονται συχνά από το υλικό μονώροφες κατασκευές, διώροφες κινητές μονάδες και πεζογέφυρες. ^[65]

Στο πρώτο παράδειγμα εφαρμογής πλαστικών ενισχυμένων με ίνες από γυαλί, που ακολουθεί, γίνεται εμφανής η δυνατότητα του πλαστικού να μοιάζει με παραδοσιακά υλικά, παρουσιάζοντας διαφορετικά επίπεδα διαφάνειας και συγκέντρωσης ινών, όπως το χαρτί από ρύζι ή μπαμπού τα οποία χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή ιαπωνική αρχιτεκτονική. Στο δεύτερο και τρίτο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού για την κάλυψη και προστασία αφρώδεις υλικού και την δημιουργία ενιαίων καμπύλων και διπλής καμπυλότητας επιφανειών. Στο τέταρτο παράδειγμα πάνελ από GRP επενδύουν τις όψεις διπλής καμπυλότητας, έχοντας την ιδιότητα να αποσυναρμολογούνται εύκολα και γρήγορα, και στο πέμπτο παράδειγμα χρησιμοποιείται GRP για την δημιουργία μια ιδιαίτερης όψης, μέσω της υφής που παρομοιάζει σύννεφο ομίχλης και την επιφάνεια του νερού, συσχετίζοντας το έργο με το περιβάλλον του.

[64] Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 313

[65] Lyons, Arthur, ό.π., σελ. 324–325

Plastic House, Meguro-ku, Τόκιο, 2002

Το Plastic House από το αρχιτεκτονικό γραφείο του Kengo Kuma χρησιμοποιώντας ένα ημιδιαφανές πλαστικό υλικό σαν shoji (τοίχοι παραδοσιακής Ιαπωνικής αρχιτεκτονικής), προσπάθησε να αναπαράγει την ποιότητα του παραδοσιακού ιαπωνικού χώρου σε μια σύγχρονη πόλη. Εφαρμόστηκε η τεχνολογία «σάντουιτς» με δύο πλαστικά πάνελ ενισχυμένα με ίνες γυαλιού, πάχους 4 χιλιοστών, και με υλικό πυρήνα φωτοδιαπερατή αφρώδη μόνωση, δημιουργώντας ένα ημιδιαφανές εξωτερικό τοίχωμα. Αυτά τα στοιχεία έχουν την ιδιότητα να μοιάζουν σαν χαρτί από ρύζι και μπαμπού λόγω της ποιότητας των περιεχόμενων ινών, κάτι που αξιοποιήθηκε ιδιαίτερα σε αυτό το έργο για να δημιουργηθεί ένας χώρος που ταιριάζει στο ανθρώπινο σώμα, ακόμη και με τη χρήση βιομηχανικών προϊόντων όπως το πλαστικό. Η υλικότητα του πλαστικού που εμφανίζεται σαν κάτι ζωντανό επικοινωνεί με το σώμα μας μέσω αυτού του κτιρίου. Σε αυτό το έργο ο Kengo Kuma σκέφτηκε την κατοικία όχι μέσω του σχεδίου, αλλά μέσω του υλικού. (66)



4.40
Plastic house

4.41
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

(66) <https://kkaa.co.jp/works/architecture/plastic-house/>, 7 Φεβ. 2020

Hoofddorp bus Station, Hoofddorp, Ολλανδία, 2003

Ο σταθμός λεωφορείων στο Hoofddorp από τους NIO architecten και τους δομικούς μηχανικούς Zonneveld: Engiplast, παίρνει τη μορφή ενός γιγαντιαίου γλυπτού, αποκαλούμενο σαγόι φάλαινας (Whale Jaw). Έχοντας μήκος 50 μ., πλάτος 10 μ. και ύψος 5 μ., είναι μια από τις μεγαλύτερες πλαστικές κατασκευές στον κόσμο. Ο όγκος του κτιρίου καλύπτει πάνω από 40 μ. χωρίς ενδιάμεση υποστήριξη και λειτουργεί ως χώρος αναμονής για τους επιβάτες. Μια αίθουσα ανάπαυσης 15 μ² για τους οδηγούς λεωφορείων είναι ο μόνος κλειστός χώρος σε ολόκληρη την κατασκευή. Θωπισμός, οθόνες πληροφοριών, παγκάκια και κάδοι είναι όλα ενσωματωμένα στη μορφή του κτιρίου.

Η πολύπλοκη γεωμετρία του κτιρίου αρχικά σχεδιάστηκε για να κατασκευαστεί από σκυρόδεμα, αλλά κατασκευάστηκε από πλαστικό για λόγους κόστους. Ο δομικός πυρήνας από διογκωμένο πολυστυρένιο (EPS) έχει ανθεκτική στις καιρικές συνθήκες επικάλυψη από πολυεστερική ρητίνη ενισχυμένη με ίνες γυαλιού. Το βάρος της κατασκευής είναι περίπου 20 τόνοι. Ολόκληρη η μορφή αποτελείται από ατομικά στοιχεία 4 x 1,20 x 1,25 μ. από EPS κομμένα σε σχήμα με μηχανήμα CNC χρησιμοποιώντας δεδομένα από τρισδιάστατο μοντέλο υπολογιστή. Τα μεμονωμένα στοιχεία συναρμολογήθηκαν στη συνέχεια επιτόπου στο εργοτάξιο. Η κατασκευή έχει ένα υπόβαθρο από σκυρόδεμα επί του οποίου σταθεροποιήθηκαν πολλαπλά πάνελ ως βάση για τα μπλοκ αφρού. Τα επιμέρους τμήματα αφρού συνδέθηκαν μεταξύ τους χωρίς πρόσθετες μηχανικές συνδέσεις. (67)



4.42
Whale Jaw

4.43
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

(67) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010, σελ. 132

Entrance Pavilion, Basel, 2006

Κατά την αναδιάρθρωση των χώρων της Novartis στην έδρα της στη Basel δόθηκε προσοχή και στη ζώνη εισόδου που αποτελείται από ένα γυάλινο περίπτερο, αρχιτέκτονας του οποίου είναι ο Marco Serra. Η καμπύλη οροφή του στηρίζεται απευθείας πάνω στους υαλοπίνακες της πρόσοψης, χωρίς επιπρόσθετη στήριξη από μεταλλικές δοκούς ή υποστυλώματα, και φαίνεται να επιπλέει πάνω από τον γυάλινο κύβο. Για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα, το ελαφρύ, μονολιθικό στοιχείο οροφής κατασκευάστηκε από αφρό PUR και από πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού. Η διατομή, που θυμίζει φτερό αεροπλάνου, κυμαίνεται από 62 εκ. στη μέση έως 7 εκ. στις άκρες, σύμφωνα με τις δομικές απαιτήσεις. Η οροφή, που είναι 400 μ², κατασκευάστηκε με μπλοκ 90 x 90 εκ. από αφρό PUR ως βασική μονάδα. Τα στερεά μπλοκ τυλίχτηκαν στο χέρι, με πολλαπλά στρώματα από πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού, και συγκεκριμένα, ρητίνη πολυεστέρα με ύφασμα από ίνες γυαλιού. Στη συνέχεια, χωρίστηκαν σε 4 κομμάτια 5,6 x 18,5 μ. που συγκολλήθηκαν στο εργοτάξιο και, τελικά, ελασματοποιήθηκαν για να αποκτήσουν μια ομοιόμορφη, ομοιογενή επιφάνεια. Η οροφή, η οποία ζυγίζει 28 τόνους, συνδέεται με την πρόσοψη μέσω ρουλεμάν και κατακόρυφων χαλύβδινων λεπτών στοιχείων εφελκυσμού που βρίσκονται μεταξύ των γυάλινων φύλλων της όψης και είναι ελάχιστα ορατά. Το βράδυ, οι γραμμικοί προβολείς στο έδαφος κατά μήκος της πρόσοψης δημιουργούν την εντύπωση ότι η οροφή είναι ένας όγκος που αιωρείται και λάμπει. (68)

4.44
Entrance
Pavilion



4.45
Φωτισμένη
όψη

4.46 Λεπτομέρεια όψης

(68) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 488-489

Chanel Contemporary Art Container, Χονγκ Κονγκ, Τόκιο, Νέα Υόρκη, Λος Άντζελες, Μόσχα, Λονδίνο, Παρίσι, 2008-2010

Το Contemporary Art Container από την Zaha Hadid είναι ένα κινητό περίπτερο σχεδιασμένο ειδικά για να ταιριάζει στο πρόγραμμα των έργων τέχνης εμπνευσμένων από τον οίκο μόδας Chanel. Το άμορφο, καμπυλόγραμμο κέλυφός του περιβάλλει ένα αίθριο, το οποίο καλύπτεται με ένα μαξιλάρι ETFE. Αυτό το κτίριο είναι προσωρινό και, όταν είναι απαραίτητο, επίσης κλιματιζόμενο, το οποίο πρέπει να αποσυναρμολογηθεί και να είναι έτοιμο για μεταφορά κατ'επανάληψη και με τη μέγιστη ταχύτητα. Η διπλής καμπυλότητας πρόσοψη είναι επενδυμένη με στοιχεία από πλαστικό ενισχυμένα με ίνες γυαλιού μονωμένα στον πυρήνα τους, τα οποία είναι ελαφριά και ανθεκτικά. Στο εξωτερικό μέρος είναι επικαλυμμένα με άσπρη, γυαλιστερή λάκα. (69)

4.47
Chanel
Contemporary
Art Container



4.48
Λεπτομέρεια
όψης

4.49
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

(69) DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, ό.π., σελ. 450

SFMOMA, SoMa, Σαν Φρανσίσκο, 2013

Το Μουσείο Σύγχρονης Τέχνης του Σαν Φρανσίσκο SFMOMA, στην περιοχή SoMa, σχεδιασμένο από τους νορβηγούς αρχιτέκτονες Snøhetta, μοιάζει με ένα μεγάλο σύννεφο ομίχλης. Πρόκειται για ένα νέφος ομίχλης που συχνά συναντάται στον κόλπο του Σαν Φρανσίσκο: γκρι, αδιαφανές, σκοτεινό. Αυτή η μορφή επιτεύχθηκε με την κάλυψη της πρόσοψης με 700 πάνελ από FRP (πολυμερές ενισχυμένο με υαλοβάμβακα). Οι αναμεμιγμένοι πυριτικοί κρύσταλλοι και η υφή της επιφάνειας επιδιώκουν να μοιάζουν με την ρυτιδωμένη επιφάνεια του νερού στον κόλπο. Επιπλέον, το κτίριο μοιάζει με σύννεφο λόγω του σχήματός του. Παρά τους δέκα ορόφους που φιλοξενεί, έχει μεγαλύτερο πλάτος από ύψος. Οι αρχιτέκτονες ήθελαν να δώσουν μια αντι-εμπορική αρχιτεκτονική γλώσσα στο κτίριο, καθώς το εμπόριο αυξάνεται σε αυτήν την περιοχή, και κατά την άποψή τους το εμπόριο αντιπροσωπεύεται από τις κατακόρυφα προσανατολισμένες δομές της γύρω περιοχής. (70)

4.50
SFMOMA



4.51
Λεπτομέρεια
όψης

4.52 Λεπτομέρεια όψης

(70) <https://www.detail-online.com/en/article/brave-new-world-sfmoma-by-snohetta-31295/>,
6 Φεβ. 2020

4.3. ΕΛΑΣΤΟΜΕΡΗ

Φυσικό καουτσούκ

Το φυσικό καουτσούκ προέρχεται από το δέντρο *Hevea brasiliensis*, στην Αφρική, τη Νότια Αμερική και τη Μαλαισία. Το λευκό λατέξ είναι κατά κύριο λόγο πολυισοπρένιο, ένα μακρομόριο που περιέχει μερικούς διπλούς δεσμούς εντός της αλυσίδας άνθρακα. Το φυσικό καουτσούκ είναι συνήθως ενισχυμένο με άνθρακα και περιέχει αντιοξειδωτικά πρόσθετα για την πρόληψη της υποβάθμισης. Χρησιμοποιείται για δάπεδα και σε αντικραδασμικά συστήματα για κτίρια και μεγάλες κατασκευές. Το φυσικό καουτσούκ έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανανεώσιμος πόρος και, αν δεν έχει μολυνθεί με άλλα υλικά, μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς σοβαρή υποβάθμιση. (71)

EPDM

Το μονομερές αιθυλενίου προπυλενοδιένιο (EPDM) μπορεί να ληφθεί σε οποιοδήποτε χρώμα και χαρακτηρίζεται από υψηλή επιμήκυνση και καλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες σε υπεριώδες φως και όζον. Το EPDM χρησιμοποιείται εκτεταμένα σε συστήματα μονόφυλλης στέγης. (71)

Για περισσότερα παραδείγματα βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ σελ. 109.

(71) Lyons, Arthur, ό.π., σελ.314

05

ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο διερευνάται η σχέση του πλαστικού με το περιβάλλον. Γίνεται αναφορά στον κύκλο ζωής που έχουν σήμερα τα πλαστικά υλικά και τα προβλήματα που προκύπτουν από αυτόν. Αυτά τα προβλήματα γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπιστούν μέσω των αρχών της οικολογικής αποδοτικότητας (eco-efficiency), οι οποίες δεν είναι επαρκείς ώστε να υπάρξει αρμονική συμβίωση μεταξύ της βιομηχανίας του πλαστικού και του περιβάλλοντος. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί αν ακολουθούσαμε τις αρχές της οικολογικής αποτελεσματικότητας (eco-effectiveness). Ως προς την οικολογική αποδοτικότητα, διερευνάται κατά πόσο είναι ανακυκλώσιμο κάθε είδος πλαστικών υλικών, και ως προς την οικολογική αποτελεσματικότητα παρουσιάζονται οι νέες τάσεις στην εξέλιξη των πλαστικών υλικών που είναι φιλικά προς το περιβάλλον και έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν ένα βιώσιμο κύκλο ζωής υλικών και μια βιώσιμη αρχιτεκτονική προσέγγιση, διατηρώντας ταυτόχρονα τις δυνατότητες των πλαστικών.

5.1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Σύμφωνα με τους McDonough και Braungart, η σύγχρονη βιομηχανία είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί με βάση τον κανόνα «από την κούνια στον τάφο». Εξάγονται πόροι οι οποίοι διαμορφώνονται σε προϊόντα, πωλούνται και τελικά πετιούνται σε κάποιου είδους «τάφο», συνήθως σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής ή έναν αποτεφρωτή. Μερικές φορές το ίδιο το προϊόν δεν διαρκεί και συχνά είναι φθηνότερη η αγορά μιας νέας έκδοσης του προϊόντος από την επισκευή του.

Η τυπική απάντηση στην βιομηχανική καταστροφή είναι να βρεθεί μια λιγότερο κακή προσέγγιση. Αυτή η προσέγγιση ακολουθεί τις αρχές της μείωσης, επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ρύθμισης.

Η μείωση είναι μια κεντρική αρχή της οικολογικής αποδοτικότητας, αλλά δεν σταματά την εξάντληση και την καταστροφή, μόνο τα επιβραδύνει. Η στρατηγική μείωσης των αποβλήτων είναι η αποτέφρωση, αυτή η στρατηγική «απόβλητα σε ενέργεια» θεωρείται υγιέστερη από την υγειονομική ταφή, όμως εάν τα υλικά αυτά δεν έχουν σχεδιαστεί για να καίγονται με ασφάλεια, μπορούν να απελευθερώσουν διοξίνες και άλλες τοξίνες όταν αποτεφρωθούν.

Τα απορρίμματα που επαναχρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις μεταφέρονται απλώς σε άλλο τόπο.

Τα περισσότερα υλικά-προϊόντα που ανακυκλώνονται στην πραγματικότητα «κατωκυκλώνονται» (downcycled), μειώνεται δηλαδή η ποιότητά τους κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης, με αποτέλεσμα την απώλεια αξίας, απώλεια υλικών και συχνά αύξηση της μόλυνσης της βιόσφαιρας, δεδομένου ότι σε όλα τα υλικά που έχουν υποστεί υποβάθμιση σε σχέση με τους προκάτοχούς τους, προστίθενται συχνά περισσότερες χημικές ουσίες για να γίνουν και πάλι χρήσιμα. (72)

Η οικολογική αποδοτικότητα (eco-efficiency), που μπορεί να περιγράψει όλα τα παραπάνω, δεν αποτελεί μακροπρόθεσμη στρατηγική επιτυχίας, επειδή λειτουργεί εντός του ίδιου συστήματος που προκάλεσε το πρόβλημα, απλώς επιβραδύνοντάς το με ηθικές προειδοποιήσεις και μέτρα τιμωρίας.

Αυτό που χρειάζεται, σύμφωνα με τους McDonough και Braungart, στην πραγματικότητα είναι η οικολογική αποτελεσματικότητα (eco-effectiveness). Η έννοια της οικολογικής αποτελεσματικότητας σημαίνει ότι εργαζόμαστε για τα σωστά πράγματα, για τα σωστά προϊόντα και υπηρεσίες και συστήματα, αντί να κάνουμε τα λάθος πράγματα λιγότερο κακά, παράγοντας δηλαδή όχι απλώς λιγότερα απόβλητα αλλά μηδενικά απόβλητα. Πρέπει να μιμηθούμε το αποτελεσματικό σύστημα «από κούνια σε κούνια» της φύσης, στο οποίο δεν υπάρχει η έννοια των αποβλήτων, σε αντίθεση με το επικρατών σύστημα «από την κούνια στον τάφο». (72)

Για να εξαλειφθεί η έννοια των αποβλήτων πρέπει να σχεδιαστούν από την αρχή τα προϊόντα, οι συσκευασίες και τα συστήματα, με βάση την λογική ότι δεν υπάρχουν απόβλητα. Αυτό σημαίνει ότι τα πολύτιμα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στα υλικά είναι αυτά που καθορίζουν τον σχεδιασμό, η μορφή ακολουθεί την εξέλιξη, όχι μόνο τη λειτουργία. Σκοπός είναι η δημιουργία προϊόντων που όταν η ωφέλιμη ζωή τους τελειώσει, μπορούν να πεταχτούν στο έδαφος για να αποσυντεθούν και να γίνουν τροφή για τα φυτά και τα ζώα και θρεπτικά συστατικά για το έδαφος ή να επιστρέψουν στους βιομηχανικούς κύκλους προμηθεύοντάς τους με υψηλής ποιότητας πρώτες ύλες για νέα προϊόντα. Έτσι, τα «απόβλητα» ισοούνται με «τροφή», είτε για τον βιολογικό- φυσικό, είτε για τον τεχνικό- βιομηχανικό μεταβολισμό. (73)

(72) McDonough, William, Braungart, Michael, *Cradle to Cradle: remaking the way we make things*, εκδ. North Point Press, China, 2002, σελ. 27-28, 45, 53-56, 61-62, 76, 103-104

(73) McDonough, William, Braungart, Michael, ό.π., σελ. 91, 104

5.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Ενώ γίνονται προσπάθειες για την επίτευξη του παραπάνω προτεινόμενου συστήματος, η ζωή μας σήμερα κατακλύζεται από το πλαστικό. Γη και θάλασσα έχουν γεμίσει με ένα επιβλαβές για το περιβάλλον υλικό και είναι επιτακτική η ανάγκη για επανάχρηση και ανακύκλωση αυτού. Μία λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι ενδεχομένως η χρήση του ανακυκλωμένου πλαστικού και στην αρχιτεκτονική. Τα περισσότερα σύγχρονα πλαστικά υλικά είναι συνθετικά και δεν είναι αποικοδομήσιμα στη φύση, με αποτέλεσμα τη συσσώρευσή τους χωρίς προοπτική διάσπασής τους. Ενώ η μη ανακύκλωσή τους συνιστά σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, τα οικοδομικά υλικά έχουν πολύ μεγάλο κύκλο ζωής, σε σύγκριση με τα υλικά συσκευασίας, και έτσι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρησιμοποίηση των πλαστικών στην κατασκευή είναι πολύ διαφορετικές από τη χρήση τους στη συσκευασία. ^[74]

Όλα τα κατασκευαστικά υλικά που χρησιμοποιούμε επιβαρύνουν το περιβάλλον με κάποιον τρόπο. Δεν υπάρχουν «καλά» και «κακά» υλικά ως προς τις περιβαλλοντικές τους συνέπειες αλλά υπάρχουν λιγότερο και περισσότερο επιβλαβή. Λόγω της ανακυκλωσιμότητάς του, το πλαστικό μπορεί, μάλιστα, να θεωρηθεί φιλικό προς το περιβάλλον έναντι άλλων μη ανανεώσιμων υλικών και ίσως να συμβάλει και στην εξάλειψη της αποψίλωσης των δασών. ^{[75] [76]}

Ενώ τα θερμοπλαστικά υλικά μπορούν να ανακυκλώνονται ευκολότερα από τα θερμοσκληρυνόμενα, ακόμα και για αυτά τα πλαστικά υπάρχουν περιορισμοί στην ανακύκλωση. Ένα ανακυκλώσιμο πλαστικό μπορεί να μολυνθεί από μη πλαστικά υλικά ή από διαφορετικά πολυμερή που συνθέτουν το αρχικό προϊόν. Ακόμη και εντός ενός τύπου πολυμερούς, υπάρχουν διαφορές στο μοριακό βάρος. Εάν τα πολυμερή από δύο διαφορετικούς τύπους προϊόντων με διαφορετική χημική

σύσταση αναμειχθούν στην διαδικασία ανακύκλωσης, το μεικτό υλικό που θα προκύψει δεν θα είναι κατάλληλο για οποιαδήποτε από τις αρχικές εφαρμογές των προϊόντων.

Μια άλλη επιπλοκή στην ανακύκλωση των πλαστικών είναι η ανάμειξη χρωστικών ή βαφών διαφορετικών χρωμάτων. Σχεδόν όλα τα πλαστικά αλλάζουν ελαφρώς ή σε μεγάλο βαθμό ως αποτέλεσμα της αρχικής κατασκευής και χρήσης. Μερικά, για παράδειγμα, υφίστανται μεταβολές στο μοριακό βάρος λόγω της διασύνδεσης ή της σχάσης της αλυσίδας (σπάσιμο των χημικών δεσμών που συγκρατούν μαζί μια αλυσίδα πολυμερούς). Άλλα πλαστικά υφίστανται οξείδωση, μια άλλη κοινή αντίδραση που μπορεί επίσης να αλλάξει τις ιδιότητες ενός πλαστικού. ^{[77] [78]}

Για όλους τους προαναφερθέντες λόγους, τα ανακυκλωμένα πλαστικά θα έχουν σχεδόν πάντοτε ορισμένα μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα μη ανακυκλωμένα πλαστικά. Τα περισσότερα θερμοπλαστικά ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται σε λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, το HDPE από λεπτές σακούλες τροφίμων μπορεί να μετατραπεί σε γλάστρες με χοντρά τοιχώματα. Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) που ανακτάται από φιάλες μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κώνους κυκλοφορίας. Το PET που ανακτάται από τα μπουκάλια ποτών μπορεί να πλυθεί, να ξηραθεί και να μετατραπεί σε ινώδη γέμιση για μαξιλάρια και ρούχα. ^{[77] [78] [79]}

Δεν είναι όμως όλα τα πλαστικά ανακυκλώσιμα. Τα πλαστικά που είναι ενισχυμένα με ίνες όπως οι γυάλινες ίνες (glass fiber), τα υλικά με ίνες από αραμίδιο (aramid fibre) και ανθρακόνημα (carbon fibre) γίνονται ανθεκτικότερα και μπορούν να παραχθούν με μικρότερες διατομές, αλλά δεν μπορούν να ανακυκλωθούν και αποτελούν επικίνδυνα απόβλητα στο τέλος της ζωής τους. Αν οι ίνες είναι συνδυασμένες με θερμοπλαστικές πλαστικές ριτίνες, τότε μπορούν να λιώσουν και να αναμορφωθούν.

[74] Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλιππίδης, Δημήτρης, *Αρχιτεκτονική*, εκδ. Μέλισσα, Αθήνα, 2013, σελ. 295

[75] Chukwudi, Ifeanyi, Khafizova, Almira, *Plastics As Contemporary Material In Architecture For Health And Sustainable Construction*, International Journal of Engineering Technologies and Management Research, 2018, σελ. 101

[76] Kasapoğlu, Esin, *Polymer-based Building Materials: Effects of Quality on Durability*, International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Turkey, 2008, σελ. 3-6

[77] <https://www.britannica.com/science/plastic/Recycling-and-resource-recovery>, 18 Ιαν. 2020

[78] Lyons, Arthur, *Materials For Architects And Builders*, 4th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Hong Kong, China, 2010, σελ.326-327

[79] Stadtmann, Nicola, «Bio-Plastics», *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 518

Το ίδιο δεν ισχύει για τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού. Οι εναλλακτικές για την ανακύκλωση αυτών περιλαμβάνουν θερμικές ή χημικές διεργασίες για την ανάκτηση των ινών, αν και η ποιότητα των ινών μειώνεται κατά τη διαδικασία.

Τα απόβλητα πλαστικών, όπως τα παραπάνω, που δεν μπορούν να διαχωριστούν από τον τύπο του πολυμερούς μπορούν να αλεσθούν ώστε να γίνουν σκόνη και, σε συνδυασμό με άλλα ανακυκλωμένα πλαστικά, να μετατραπούν σε πλαστική «ξυλεία» (εικ. 3.2), εξωθημένες πλάκες κατάλληλες για εφαρμογές όπως βιομηχανικά δάπεδα και πάγκοι πάρκων. Λόγω της ετερογενούς σύνθεσης των πλαστικών «ξύλων» είναι εγγενώς ασθενέστερα από τα αρχικά πολυμερή. Άλλες διαδικασίες ανακύκλωσης που χρησιμοποιούν μεικτά πλαστικά είναι η πυρόλυση, η οποία μετατρέπει τα πλαστικά από στερεά σε μια ουσία που μοιάζει με πετρέλαιο για καύση. Αυτή η ουσία μπορεί να παρέχει ενέργεια σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και βιομηχανικούς κλιβάνους. (80) (81)

5.3. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Αντί για την χρήση των παραπάνω ενισχυμένων υλικών με ίνες από γυαλί, αραμίδιο και ανθρακόνημα μπορούν να αξιοποιηθούν ίνες από λινάρι (εικ. 5.3), κάνναβη, σιζάλ ή ύφασμα, οι οποίες αποτελούν πιο βιώσιμες λύσεις, όμως έχοντας αδυναμία παραγωγής πολύπλοκων και μικρών μερών. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την χρήση νανοϊνών από καρότα σε συνδυασμό με ρητίνες υψηλής τεχνολογίας. (82)

Τα υλικά που προαναφέρθηκαν ανήκουν στην κατηγορία των Βιοπλαστικών. Τα βιοπλαστικά είναι χυτεύσιμα πλαστικά υλικά που αποτελούνται από χημικές ενώσεις που προέρχονται ή συντίθενται από μικρόβια όπως βακτήρια ή γενετικά τροποποιημένα φυτά. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά πλαστικά που προέρχονται από πετρέλαιο, τα βιοπλαστικά παράγονται από ανανεώσιμες πηγές και είναι βιοδιασπώμενα. (83)

(80) <https://www.britannica.com/science/plastic/Recycling-and-resource-recovery>, 18 Ιαν. 2020
(81) Lyons, Arthur, ό.π., σελ.326-327
(82) Stattnann, Nicola, ό.π., σελ. 518
(83) <https://www.britannica.com/search?query=bioplastic>, 21 Ιαν. 2020

Πρώτες ύλες για την παραγωγή πλαστικών εξάγονται και από υποπροϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων μέσω βακτηρίων, τα απόβλητα ανωκυκλώνονται (upcycled) σε υλικά υψηλής ποιότητας.

Έτσι, χρησιμοποιούνται ανανεώσιμοι πόροι για να δημιουργηθούν πλαστικοί κόκκοι και πλαστικά ενισχυμένα με φυσικές ίνες και συνθέσεις φυσικών ινών (NFC). Επιπλέον, παράγονται υλικά όπως τα πλαστικά υψηλής απόδοσης με βάση το άμυλο καλαμποκιού, εξωθημένα σύνθετα ξύλου-πλαστικού (WPC), αφρώδες υλικό από φυτικό έλαιο, σύνθετα από αφρολέξ και ξύλο, θερμοπλαστικά από κλαδιά και άμυλο, αφρολέξ με βάση τα άλγη, θερμοπλαστικό με βάση το άμυλο και συγκεκριμένα από αλεύρι πατάτας (βρώσιμο, εύπεπτο, υδατοδιαλυτό και πλήρως βιοδιασπώμενο), μονωτικά πάνελ από κυτταρίνη, πολυαμίδιο με βάση το καστορέλαιο, κ.α. (84)

Το πλαστικό που «τρώει» άνθρακα αποτελεί ένα ακόμα εναλλακτικό πλαστικό υλικό. Αυτό το υλικό, στο οποίο έχει ήδη γίνει αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο, περιέχει χλωροπλάστες από φύλλα σπανακιού οι οποίοι είναι καταλύτες στη χημική μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε γλυκόζη. Οι χλωροπλάστες ενσωματώνονται σε μια γέλη (ζελέ) από αμινοπροπύλ μεθακρυλαμίδιο και οξειδάση γλυκόζης, η οποία αποκτά δύναμη καθώς τα κύτταρα μετατρέπουν το ηλιακό φως σε άνθρακα. Έτσι, διαθέτει τις ιδιότητες να γίνεται ισχυρότερο με την πάροδο του χρόνου και να αυτό-θεραπεύεται, να επιδιορθώνεται μόνο του, όπως τα φυτά ενσωματώνουν διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα στους αναπτυσσόμενους ιστούς τους. (85)

(84) Stattnann, Nicola, ό.π., σελ. 518-522
(85) Brownell, Blaine, *Material Trends to Watch in 2019*, 2019, https://www.architectmagazine.com/practice/material-trends-to-watch-in-2019_o, 10 Δεκ. 2019

5.3
Πέλλετ
πολυπροπυλενίου
ενισχυμένου
με ίνες από λινάρι
Bio-fiber

6.1. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Lounge MS, Navarre, Ισπανία, 2007

Alvega Canoeing Center, Alvega, Πορτογαλία, 2010

EcoARK, Ταϊνέι, Ταϊβάν, 2010

Recycled Plastic Bricks House, Cundinamarca, Κολομβία, 2011

SodaBIB, 2013

Head in the Clouds, Νέα Υόρκη, 2013

PET Pavilion, Enschede, Ολλανδία, 2014

Bima Microlibrary, Cicendo, Ινδονησία, 2016

PROTIRO, Caltagirone, Ιταλία, 2016

Naju Art Museum, Facade Installation, Νότια Κορέα, 2017

People's Pavilion, Eindhoven, Ολλανδία, 2017

Waste Side Story Pavilion, Ταϊλάνδη, 2018

6.2. ΒΙΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

ArboSkin, Στουτγάρδη, 2011-2013

Urban Cabin, Άμστερνταμ, Ολλανδία, 2016

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Με αυτό το κεφάλαιο αναδεικνύονται οι ποικίλοι τρόποι με τους οποίους το πλαστικό ως ανακυκλωμένο και επαναχρησιμοποιημένο υλικό μπορεί να εφαρμοστεί στην αρχιτεκτονική και να αποτελέσει σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού. Επιπλέον, αναδεικνύονται οι δυνατότητες εφαρμογής βιοπλαστικών υλικών στην αρχιτεκτονική ως βασικό δομικό υλικό, αν και ακόμα βρίσκονται σε πρώιμο εξελικτικό στάδιο.

6.1. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ-ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στα παρακάτω παραδείγματα χρησιμοποιούνται καθημερινά πλαστικά αντικείμενα όπως μπουκάλια νερού, σωλήνες και κουβάδες παγωτού, καθώς και ανακυκλωμένα πλαστικά, για τη δημιουργία ενδιαφερόντων και καινοτόμων κελυφών και όψεων, συσχετιζόμενων με το περιβάλλον και τις συνθήκες του έργου. Όλα αυτά τα υλικά δίνουν πολλές φορές έντονα χρώματα στην κατασκευή, αλλά πάντα της δίνουν ένα πρόσθετο εννοιολογικό στοιχείο, αυτό της βιωσιμότητας.

Lounge MS, Navarre, Ισπανία, 2007

Το Lounge MS από τους Vaillo + Irigaray είναι ένα εστιατόριο σχεδιασμένο ως συνέχεια του υφιστάμενου φράκτη, περιτυλίγοντας τα όλα, αλλά χωρίς να τα κρύβει. Αυτά τα στοιχεία που περιτυλίζουν το κτίριο είναι από ανακυκλωμένους πλαστικούς σωλήνες διαφορετικών αποχρώσεων του πράσινου που προσπαθούν να μιμηθούν τα καλάμια, δημιουργώντας μια πλεκτή, εύκαμπτη και παραμορφώσιμη οργανική μορφή προσαρμογής σε κάθε κατάσταση και γεωμετρία. Έτσι, τα πλαστικά στοιχεία αντιμετωπίζονται σαν ένα είδος φυτού που δίνουν μια αίσθηση ελαφρότητας και διαπερατότητας στο κτίριο, ένα μαλακό όριο. (86)

6.1
Lounge MS



6.2
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

6.3 Λεπτομέρεια όψης

(86) <https://www.archdaily.com/20822/lounge-ms-vaillo-irigaray>, 8 Φεβ. 2020

Alvega Canoeing Center, Alvega, Πορτογαλία, 2010

Το κωπηλατικό κέντρο που σχεδιάστηκε από τους αρχιτέκτονες ateliermob βρίσκεται στην περιοχή Alvega και γειτνιάζει με τον ποταμό Τάγο. Αυτή η περιοχή πλημμυρίζει τακτικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γεγονός που καθόρισε το σχεδιασμό του κτιρίου. Ανυψώθηκε πάνω από το επίπεδο του εδάφους ώστε να αυξηθεί η διαπερατότητα του εδάφους, και οι τοίχοι του καλύφθηκαν με μαύρα ανακυκλωμένα πλαστικά προφίλ, τα οποία είναι ανθεκτικά και αδιάβροχα, ικανά να αντέξουν στην πιθανή πρόσκρουση αντικειμένων που φέρνει μαζί του το ποτάμι.

Εσωτερικά χωρισμένος σε τρία τμήματα, τα οποία μπορεί να έχουν διαφορετικές χρήσεις, ο όγκος αποτελείται από μια καφετέρια, μια περιοχή αποθήκευσης σκαφών και καμπίνες αποδυτηρίων. (87)

6.4
Alvega Canoeing Center



6.5
Λεπτομέρεια
όψης

(87) https://www.archdaily.com/600867/alvega-canoeing-center-ateliermob?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects, 6 Φεβ. 2020

EcoARK, Ταϊπέι, Ταϊβάν, 2010

Το περίπτερο EcoArk των MINIWIZ που βρίσκεται στην Ταϊπέι είναι η πρώτη πλήρως λειτουργική, δημόσια κατασκευή από Polli-Brick του κόσμου. Χτισμένο με 1,5 εκατομμύρια ανακυκλωμένα πλαστικά μπουκάλια, το εννιαόροφο EcoARK ήταν ένα βασικό κτίριο για τη Διεθνή Έκθεση Χλωρίδας της Ταϊπέι το 2010 (2010 Taipei International Flora Exposition) πριν μετατραπεί σε δημόσιο μουσείο. Το κτίριο διαθέτει φυσικό εξαερισμό, υψηλή θερμομονωτική ικανότητα λόγω του Polli-Brick, και εξωτερικό καταρράκτη που «λούζει» την κατασκευή με βρόχινο νερό που συλλέγεται. Επιπλέον, συλλέγεται ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας που χρησιμοποιείται για τα συστήματα φωτισμού LED τη νύχτα. Ζυγίζει 50 τοις εκατό λιγότερο από ένα συμβατικό κτίριο, όμως είναι αρκετά ισχυρό ώστε να αντέχει τις δυνάμεις της φύσης, συμπεριλαμβανομένης και της φωτιάς.

Το περίπτερο EcoArk είναι ευρέως αναγνωρισμένο ως σημείο αναφοράς για το μέλλον των «πράσινων» κτιρίων και ακολουθεί την λογική της μείωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Περιλαμβάνεται, επίσης, στις Megastructures του National Geographic. (88)

6.6
EcoARK



6.7
Όψη
το βράδυ

6.8

Λεπτομέρεια όψης

(88) http://www.miniwiz.com/solution_detail.php?id=1&work=1, 7 Φεβ. 2020

Recycled Plastic Bricks House, Cundinamarca, Κολομβία, 2011

Ο Κολομβιανός Fernando Llanos αποφάσισε να χτίσει το σπίτι του από πλαστικό στην Cundinamarca, και μαζί με τον αρχιτέκτονα Óscar Méndez ίδρυσαν την εταιρεία Conceptos Plásticos το 2011. Η καινοτόμος τοπική εταιρεία κατόρθωσε να κατοχυρώσει το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το σύστημα τούβλων και πυλώνων από ανακυκλωμένο πλαστικό, το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται σαν τεμάχια Lego σε ένα κατασκευαστικό σύστημα που επιτρέπει το χτίσιμο κατοικιών ύψους μέχρι δύο ορόφων σε πέντε ημέρες. Το βασικό υλικό προέρχεται από ανακυκλωτές και εργοστάσια που παράγουν καθημερινά τόνους πλαστικών αποβλήτων. Χρησιμοποιώντας μια διαδικασία εξώθησης, το πλαστικό λιώνει και εκκενώνεται σε ένα τελικό καλούπι, δημιουργώντας ένα τούβλο τριών κιλών, παρόμοιο με το αντίστοιχο από πηλό. Όταν συναρμολογούνται υπό πίεση, τα τούβλα γίνονται θερμομονωτικά και έχουν πρόσθετα που επιβραδύνουν την καύση. Επιπλέον, η σεισμική αντίσταση τους είναι επαρκής βάση τους κανονισμούς στην Κολομβία, λαμβάνοντας υπόψη τα υψηλά επίπεδα σεισμικής δραστηριότητας της χώρας.

Η κατοικία 40 τετραγωνικών μέτρων με δύο υπνοδωμάτια, σαλόνι, τραπεζαρία, μπάνιο και κουζίνα που κατασκευάστηκε είχε τελικό κόστος περίπου 5.404 ευρώ, και με τη βοήθεια τεσσάρων ατόμων η κατασκευή διήρκεσε μόνο πέντε ημέρες.

Επιπλέον, η εταιρία, αφού κέρδισε την προσφορά από το Νορβηγικό Συμβούλιο Προσφύγων (NRC), κατασκεύασε ένα σύνολο προσωρινών καταφυγίων στο Γουαρί (νοτιοδυτικά της Κολομβίας) για 42 οικογένειες που εκτοπίστηκαν από ένοπλες συγκρούσεις. Το έργο ολοκληρώθηκε σε 28 ημέρες χάρη στην κοινή εργασία 15 ατόμων, ανακυκλώνοντας περισσότερους από 200 τόνους πλαστικού. (89)

6.9
Recycled
Plastic
Bricks
House



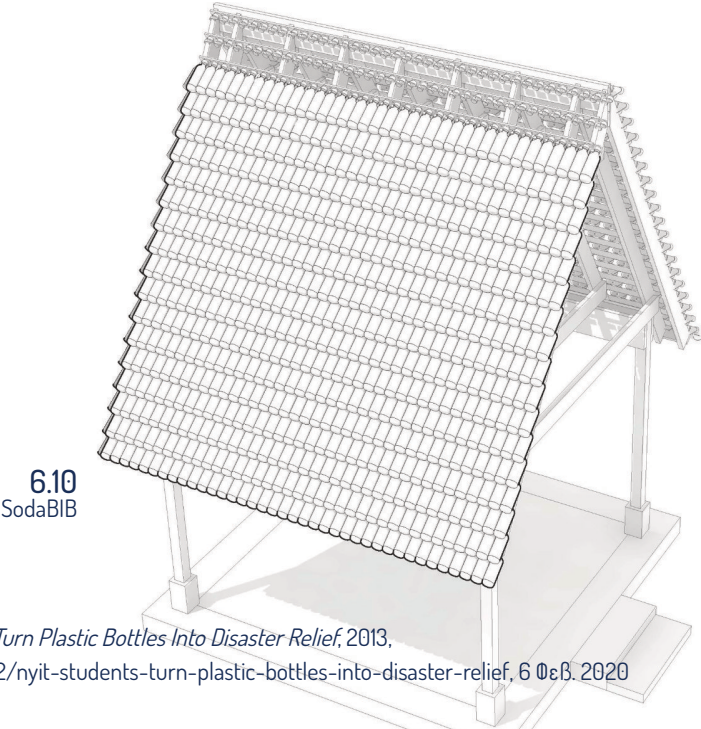
(89) Valencia, Nicolás, *This House was Built in 5 Days Using Recycled Plastic Bricks*, 2017, <https://www.archdaily.com/869926/this-house-was-built-in-5-days-using-recycled-plastic-bricks>, 8 Φεβ. 2020

SodaBIB, 2013

Η Σχολή Αρχιτεκτονικής του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Νέας Υόρκης δημιούργησαν το SodaBIB, ένα νέο τύπο παλέτας που επιτρέπει τη χρήση συνηθισμένων πλαστικών μπουκαλιών για τη δημιουργία καταφυγίων. Σε αυτό το έργο εφαρμόστηκε ένα πατενταρισμένο σύστημα στέγης μπουκαλιών νερού: η στέγη είναι κατασκευασμένη με απορριφθέντα μπουκάλια νερού που είναι «πατημένα» και στη συνέχεια επικαλύπτονται και αντισταθμίζονται όπως τα ισπανικά πλακάκια. Στη συνέχεια οι φιάλες ευθυγραμμίζονται και συνδέονται με τη δομή της στέγης χρησιμοποιώντας την παλέτα μεταφοράς, η οποία αποσυναρμολογείται σε γραμμικούς βραχίονες διασύνδεσης φιάλης σόδας ή SodaBIBS. Σκοπός αυτής της κατασκευής είναι η εφαρμογή αυτών των υλικών που θεωρούνται απόβλητα σε ανώτερες και καλύτερες χρήσεις (ανωκύκλωση), που στην περίπτωση αυτή είναι καταφύγια για φτωχές χώρες που πλήττονται από καταστροφές. (90)



6.11
Δημιουργία
SodaBIB



6.10
SodaBIB

6.12 Μορφή παλέτας

(90) Baldwin, Eric, *NYIT Students Turn Plastic Bottles Into Disaster Relief*, 2013, <https://www.archdaily.com/449212/nyit-students-turn-plastic-bottles-into-disaster-relief>, 6 Φεβ. 2020

Head in the Clouds, Νέα Υόρκη, 2013

Το περίπτερο των STUDIOKCA είναι μια κατασκευή σε σχήμα σύννεφου που επιδιώκει να δημιουργήσει ένα χώρο όπου οι κάτοικοι της «πόλης των ονείρων» (Νέα Υόρκη) μπορούν να ονειρεύονται. Κατασκευασμένο από 53.780 ανακυκλωμένα μπουκάλια, το ποσό που πετιόταν τότε στη Νέα Υόρκη σε 1 ώρα, το Head in the Clouds ήταν ένας χώρος όπου οι επισκέπτες μπορούσαν να μπουν και να ατενίζουν το φως και το φιλτράρισμα των χρωμάτων μέσα από τα μπουκάλια από μέσα προς τα έξω. Η άμμος, το νερό και ένα καμπύλο πλαίσιο από αλουμίνιο παρέχουν δομική ακεραιότητα και δημιουργούν μια μικρή περιοχή καθισμάτων στη βάση. Η μορφή αποτελείται από μια σειρά «δομικών μαξιλαριών» κατασκευασμένων από πλαστικά μπουκάλια ενός γαλονιού (3,8 λίτρα) στο εξωτερικό, ενώ μικρότερα μπουκάλια γεμισμένα με μπλε οργανικά χρώματα τροφής στο εσωτερικό. Αυτά τα μπουκάλια ήταν χρησιμοποιημένα και συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια αρκετών μηνών από οργανισμούς, επιχειρήσεις, σχολεία και άτομα σε όλη τη Νέα Υόρκη και έξω από αυτή. Έτσι, αυτό το περίπτερο αποτελεί παράδειγμα βιώσιμης στρατηγικής σχεδιασμού και κατασκευής για έναν πιο βιώσιμο τρόπο ζωής και οικοδόμησης. (91)



6.13
Head in
the clouds

6.14
Εσωτερική
ατμόσφαιρα



(91) Porada, Barbara, *STUDIOKCA's 'Head in the Clouds' Pavilion Opens in NYC*, 2013, <https://www.archdaily.com/415655/head-in-the-clouds-pavilion-opens-in-nyc>, 7 Φεβ. 2020

PET Pavilion, Enschede, Ολλανδία, 2014

Το Project.DWG και το LOOS.FM σχεδίασαν το περίπτερο PET, μια προσωρινή κατασκευή σε κοινοτικό πάρκο στην Ολλανδία που εστιάζει σε θέματα βιώσιμης οικοδόμησης και ανακύκλωσης, επανεξετάζοντας τους τρόπους ανάπτυξης, κατασκευής και χρήσης των κτιρίων. Συγκεκριμένα, το περίπτερο είναι μια μελέτη για τη χρήση πλαστικών αποβλήτων ως δομικό υλικό. Η κατασκευή αποτελείται από δύο πλάκες με χαλύβδινο πλαίσιο και διπλά τοιχώματα από διαφανή κυματοειδή φύλλα που περιλαμβάνουν πάνω από 40.000 πλαστικά μπουκάλια, με καπάκια μπουκαλιών προσαρτημένα σε σημεία συμφόρησης που υποστηρίζουν το σύστημα. Αντί να επιδιώκει να είναι μια βιώσιμη λύση, το περίπτερο PET επικεντρώνεται στην διερεύνηση νέων δυνατοτήτων και ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Έχει σκοπό να αναδείξει τον βαθμό στον οποίο καταναλώνουμε προϊόντα και παράγουμε απόβλητα με την ελπίδα ότι οι επισκέπτες θα αναρωτηθούν πού πηγαίνουν τα απόβλητα τους ή πώς αλλιώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ένα νέο σκοπό. Στην μία πλευρά του περιπτέρου επτά μεγάλες περιστρεφόμενες πόρτες ανοίγουν ολόκληρες τη γωνία του κτιρίου στο περιβάλλον πάρκο. Το βράδυ, οι τεράστιες «κουρτίνες» μετατρέπονται σε ένα αφηρημένο «φανάρι» στο τοπίο. Το εσωτερικό του περιπτέρου χρησιμοποιείται για εκθέσεις τέχνης και διαδραστικές εκδηλώσεις, με σκοπό να γίνει η τέχνη προσιτή χωρίς επίσκεψη στο μουσείο. Επιπλέον, ο χώρος χρησιμοποιείται ως κοινοτικός τόπος συνάντησης και έχει καθοριστικό ρόλο στην τοπική κοινωνία. [92]

6.15
PET Pavilion



6.16
Φωτισμένο
PET Pavilion

6.17 Εσωτερική όψη

[92] https://www.archdaily.com/870029/from-recycled-plastic-waste-to-building-material?ad_source=search&ad_medium=search_result_all, 6 Φεβ. 2020

Bima Microlibrary, Cicendo, Ινδονησία, 2016

Το Microlibrary Taman Bima των SHAU Bandung ήταν το πρώτο υλοποιημένο πρωτότυπο μιας σειράς μικρών βιβλιοθηκών σε διάφορες τοποθεσίες σε όλη την Ινδονησία. Το ποσοστό αναλφαβητισμού και εγκατάλειψης του σχολείου στην Ινδονησία είναι υψηλό και σκοπός του έργου είναι να αναζωπυρώσει το ενδιαφέρον για τα βιβλία προσφέροντας ένα ειδικό χώρο για ανάγνωση και μάθηση. Το κτίριο κατασκευάστηκε μέσω μιας απλής μεταλλικής κατασκευής και πλάκες από σκυρόδεμα για δάπεδο και στέγη. Καθώς το κτίριο βρίσκεται σε τροπικό κλίμα, στόχος ήταν η δημιουργία ενός ευχάριστου εσωτερικού κλίματος χωρίς τη χρήση κλιματισμού. Ως εκ τούτου, αναζητήθηκαν διαθέσιμα υλικά πρόσοψης στη γειτονιά που ήταν οικονομικά αποδοτικά, μπορούσαν να σκιασσουν το εσωτερικό, να είναι διαπερατά από το φως της ημέρας και να παρέχουν εγκάρσιο εξαερισμό. Έτσι, εφαρμόστηκαν 2.000 χρησιμοποιημένοι πλαστικοί κουβάδες παγωτού που πωλούνταν χύμα. Αυτοί οι κουβάδες οργανώθηκαν στις όψεις ώστε να ερμηνευτούν ως 0 (ανοικτά) και 1 (κλειστά), επιτρέποντάς την ενσωμάτωση του μηνύματος «τα βιβλία είναι τα παράθυρα στον κόσμο» με τη μορφή ενός δυαδικού κώδικα. Το μήνυμα μπορεί να διαβαστεί ξεκινώντας από το επάνω αριστερό μέρος της μπροστινής όψης και περιστρέφεται επανειλημμένα γύρω από την περίμετρο. Οι κάδοι είναι τοποθετημένοι ανάμεσα σε κάθετες χαλύβδινες νευρώσεις που εκτείνονται από το δάπεδο μέχρι την οροφή και είναι κεκλιμένοι προς τα έξω για να απωθούν το βρόχινο νερό. Μέσω της πρόσοψης, όχι μόνο δίνεται πρόσθετη σημασία στο κτίριο, αλλά παράγεται επίσης μια ευχάριστη ατμόσφαιρα εσωτερικού φωτισμού, καθώς οι κουβάδες διασκορπίζουν το άμεσο ηλιακό φως και λειτουργούν ως φυσικοί λαμπτήρες. [93]

6.18
Microlibrary



6.19
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

6.20
Λεπτομέρεια
όψης



[93] <https://www.archdaily.com/790591/bima-microlibrary-shau-bandung>, 6 Φεβ. 2020

PROTIRO, Caltagirone, Ιταλία, 2016

Το Κέντρο Αποκατάστασης PROTIRO από τους αρχιτέκτονες NOWA αποτελεί μέρος του Ιδρύματος Concetta D'Alessandro, ενός μη κερδοσκοπικού οργανισμού που ασχολείται με τη θεραπεία και αποκατάσταση ατόμων με ειδικές ανάγκες. Σε αυτό το έργο χρησιμοποιήθηκαν ακατέργαστα υλικά για να γίνουν οι επιφάνειες πολύ εκφραστικές. Το πρόγραμμα περιελάμβανε την επαναχρησιμοποίηση δύο υπόστεγων για αποκατάσταση και κατάρτιση. Το ισόγειο μετατράπηκε σε ξενώνα και στον πρώτο όροφο, κάτω από τη μεγάλη θολωτή οροφή, χτίστηκε ένας μεγάλος χώρος για ομαδικές δραστηριότητες. Το κτίριο αποτελείται από μια χαλύβδινη κατασκευή και μια επένδυση από ανακυκλωμένα πλαστικά κιβώτια, που χρησιμοποιούνταν για τη συγκομιδή των πορτοκαλιών, σε δύο αποχρώσεις του πράσινου. Τα κουτιά είναι σαν πίξελ που δημιουργούν ένα σχέδιο από παράλληλες διαγώνιες γραμμές ανοιχτόχρωμου πράσινου. Αυτή η κατασκευή, μέσω της χρήσης του χρώματος και του φωτισμού, έχει γίνει ένα σύμβολο αναγνωρίσιμο από μακριά στο ανώνυμο αστικό τοπίο. Αυτό το έργο είναι ένας τρόπος να χρησιμοποιηθεί η μορφή της αρχιτεκτονικής ως ισχυρό εργαλείο για την προώθηση κοινωνικών δράσεων μεγάλης αξίας. Η πρόσοψή του ενδυναμώνει τα φτωχά υλικά που τα μετατρέπει σε ένα ισχυρό αισθητικό σύμβολο που ενισχύει την ταυτότητα του κτιρίου. (94)

6.21
PROTIRO



6.22
Φωτισμένο
PROTIRO

6.23 Λεπτομέρεια όψης

(94) https://www.archdaily.com/802822/protiro-nowa?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects, 6 Φεβ. 2020

Naju Art Museum, Facade Installation, Νότια Κορέα, 2017

Το σχέδιο του Hyunje Joο για την πρόσοψη του Naju Μουσείου Τέχνης στη Νότια Κορέα είναι μια πρόταση που αντιμετωπίζει το διαχωρισμό μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού με την κατασκευή ενός ευέλικτου, ελαφρού και ανακυκλώσιμου αρχιτεκτονικού στοιχείου. Το έργο, μια επιφάνεια αποτελούμενη από 1.500 ημιδιαφανή πλαστικά καλάθια, ελαχιστοποιεί τον διαχωρισμό μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού, καθώς το φως και οι σιλουέτες διαπερνούν τον χώρο. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, εμφανίζονται αλλαγές στην επιφάνεια του τοίχου λόγω της διάχυσης και της αντανάκλασης του υλικού. Το πέρασμα του χρόνου γίνεται αισθητό πιο ενεργά τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό, καθώς αυτά τα εφέ φωτισμού διεγείρουν τις αισθήσεις. Επιπλέον, όταν το κτίριο κατεδαφιστεί, τα καλάθια μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. (95)

6.24
Naju
Art Museum



6.25, 6.26
Λεπτομέρειες
όψης



(95) <https://www.archdaily.com/881513/1500-semi-transparent-baskets-to-build-a-lightweight-facade>, 6 Φεβ. 2020

People's Pavilion, Eindhoven, Ολλανδία, 2017

Το περίπτερο People's Pavilion των SLA + Overtreders W αποτελεί μια δήλωση για τη νέα κυκλική οικονομία, ένα κτίριο στην κατασκευή του οποίου δεν «χάνεται» οικοδομικό υλικό. Αυτό επιτεύχθηκε με μια ριζοσπαστική προσέγγιση όπου το 100% των υλικών που χρειάζονται για να φτιάξουν το κτίριο δανείζονται. Όχι μόνο υλικά από παραδοσιακούς προμηθευτές και παραγωγούς, αλλά και από τους ίδιους τους κατοίκους του Eindhoven. Σκυρόδεμα και ξύλινα δοκάρια, φωτισμός, στοιχεία πρόσοψης, γυάλινη οροφή, ανακυκλωμένη πλαστική επένδυση, ακόμη και η γυάλινη οροφή του Pavilion επιστράφηκαν.

Τα έγχρωμα κεραμίδια που συνθέτουν την πρόσοψη του κτιρίου, κατασκευάστηκαν από πλαστικά οικιακά απορρίμματα που συλλέχθηκαν από τους κατοίκους του Eindhoven. 100% δανεισμός σημαίνει ένα εργοτάξιο χωρίς βίδες, κόλλα, τρυπάνια ή πριόνια, κάτι που οδηγεί σε μια νέα γλώσσα σχεδίασης. Το People's Pavilion αποκαλύπτει ένα νέο μέλλον για βιώσιμη οικοδόμηση, ένα ισχυρό σχέδιο με νέες συνεργασίες και νέες μεθόδους κατασκευής. (96)

6.28

Εσωτερική
αίσθηση

6.27

People's Pavilion



6.29

Λεπτομέρεια όψης

(96) <https://www.bureausla.nl/project/peoples-pavilion/?lang=en>, 8 Φεβ. 2020

Waste Side Story Pavilion, Ταϊλάνδη, 2018

Ως ορόσημο για την εβδομάδα σχεδιασμού της Μπανγκόκ το 2018, το περίπτερο Waste Side Story από τους Cloud-Floor, αμφισβητεί την συμβατική μέθοδο σχεδιασμού και κατασκευής, όπου τα υλικά καταναλώνονται και πετιούνται, και προτείνει μια εναλλακτική προσέγγιση που περιλαμβάνει την χρήση ανακυκλωμένων υλικών και την εξερεύνηση της ζωής των υλικών πέρα από το κτίριο. Το περίπτερο ύψους έξι μέτρων αποτελείται από ειδικά σχεδιασμένα ανακυκλωμένα πλαστικά τούβλα και ελαφρές οθόνες νάυλον. Κάθε αρχιτεκτονικό στοιχείο εξετάστηκε από άποψη σχεδιασμού προϊόντος: η κλίμακα και η αναλογία κάθε στοιχείου που προέρχεται από τα προϊόντα που προορίζονται για μετά το γεγονός. Η μορφή της κατασκευής προέρχεται από στοιχεία που είναι διατεταγμένα με βάση ένα επαναλαμβανόμενο πατρόν, δημιουργώντας ρυθμούς μέσα στη δομή.

Μετά την εβδομάδα σχεδιασμού, τα τούβλα και οι οθόνες αποσυναρμολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε πάνω από 2500 καρέκλες και 1500 τσάντες. Η κατασκευή αυτή έχει σκοπό να γιορτάσει τη δημιουργική, καινοτόμο και κοινωνική αξία του σχεδιασμού, και αποτελεί παράδειγμα ενός περιπτέρου που μπορεί να τονώσει τις συνομιλίες, να καινοτομήσει και απλά να εμπνεύσει. (97)

6.30

Waste Side Story Pavilion



6.31, 6.32

Λεπτομέρειες
όψης



(97) https://www.archdaily.com/900987/waste-side-story-pavilion-cloud-floor?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects, 6 Φεβ. 2020

6.2. ΒΙΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Τα βιοπλαστικά ανήκουν στην κατηγορία των εξελισσόμενων πλαστικών υλικών και προς το παρόν εφαρμόζονται στην αρχιτεκτονική κυρίως σε πειραματικές και προσωρινές κατασκευές. Τα παραδείγματα που εμφανίζονται σε αυτό το υποκεφάλαιο ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Στο πρώτο γίνεται εφαρμογή ενός νέου υλικού σε μορφή φύλλων από βιοπλαστικό για επένδυση επιφανειών, στην συγκεκριμένη περίπτωση καμπύλων, δημιουργώντας ελεύθερες, οργανικές μορφές. Στο δεύτερο παράδειγμα έχουμε μια ολόκληρη 3D εκτυπωμένη κατασκευή μικρής κλίμακας, χρησιμοποιώντας μαύρο, σε αντίθεση με το πρώτο, βιοπλαστικό υλικό το οποίο μέσω της 3D εκτύπωσης έχει τη δυνατότητα να παραλάβει ποικίλες εναλλαγές μορφών. Μέσω αυτών των παραδειγμάτων γίνεται αντιληπτό ότι τα βιοπλαστικά υλικά είναι ανθεκτικά και μπορούν να εφαρμοστούν ευρύτερα στον αρχιτεκτονικό και κατασκευαστικό τομέα.

ArboSkin, Στουτγάρδη, 2011-2013

Το ArboSkin που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης είναι ένα περίπτερο αποτελούμενο από ανθεκτικά και ανακυκλώσιμα βιοπλαστικά πάνελ που περιέχουν πάνω από 90 τοις εκατό ανανεώσιμα υλικά. Αυτή η κατασκευή ελεύθερης μορφής αναδεικνύει τις δυνατότητες των αρχιτεκτονικών και κατασκευαστικών εφαρμογών των βιοπλαστικών υλικών που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο αυτού του έργου. Στόχος του έργου ήταν η ανάπτυξη ενός βιώσιμου αλλά και ανθεκτικού οικοδομικού υλικού, διατηρώντας παράλληλα τα συστατικά και τα πρόσθετα με βάση το πετρέλαιο στο ελάχιστο. Το σχέδιο βασίζεται σε ένα τριγωνικό δίκτυο που αποτελείται από στοιχεία πλέγματος διαφόρων μεγεθών. (98) (99)

Συνεργαζόμενοι επιστήμονες, αρχιτέκτονες, σχεδιαστές προϊόντων, τεχνικοί κατασκευής και περιβαλλοντικοί εμπειρογνώμονες κατάφεραν να αναπτύξουν ένα νέο υλικό (ARBOBLEND) για την επένδυση των προσώπων, το οποίο είναι

θερμοδιαμορφώσιμο και κατασκευάζεται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές. Τα προϊόντα χρησιμεύουν ως επένδυση για επίπεδα ή ελεύθερα διαμορφωμένους εσωτερικούς και εξωτερικούς τοίχους. Το υλικό μπορεί να ανακυκλωθεί και να ανταποκρίνεται στα υψηλά πρότυπα ανθεκτικότητας και ανάφλεξης των δομικών υλικών.

Το βιοπλαστικό κοκκώδες υλικό μετατρέπεται σε φύλλα που θερμοδιαμορφώνονται σε σχήμα πυραμίδας. Στη συνέχεια κόβεται με ένα πριόνι ό,τι περισσεύει. Τέλος, μεταφέρεται σε CNC μηχανήμα όπου δημιουργούνται τα ανοίγματα στις μονάδες. Σε αυτή τη διαδικασία το πλεόνασμα του υλικού μπορεί να επανα-κοκκοποιηθεί και να διοχετευθεί ξανά στη διαδικασία. Μόλις δημιουργηθούν οι βασικές μονάδες, συναρμολογούνται μεταξύ τους με τη βοήθεια δακτυλίων στήριξης και δοκών, δημιουργώντας μια φέρουσα, αδιάβροχη πρόσοψη στο καμπύλο περίπτερο. (98) (99)

6.33
ArboSkin



6.34, 6.35
Λεπτομέρειες
κελύφους



(98) <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/built-projects/arbo-skin/>, 8 Φεβ. 2020

(99) <https://www.arch2o.com/arboskin-pavilion-institute-of-building-structures-and-structural-design-itke/>, 8 Φεβ. 2020

Urban Cabin, Άμστερνταμ, Ολλανδία, 2016

Οι DUS Architects δημιούργησαν ένα 3D εκτυπωμένο mini καταφύγιο, μέρος του 3D Print Living Lab, και έτσι, μετέτρεψαν μια πρώην βιομηχανική περιοχή στο Άμστερνταμ, από έναν τεράστιο κενό χώρο σε ένα αστικό καταφύγιο. Το κτίριο είναι ολόκληρο 3D τυπωμένο με μαύρο βιοπλαστικό υλικό και μπορεί να ανακυκλωθεί πλήρως και να ανατυπωθεί. Αυτή η κατασκευή διαθέτει διάφορους τύπους «διακοσμητικών» στοιχείων στην πρόσοψη, τεχνικές βελτιστοποίησης μορφών και έξυπνες λύσεις για μόνωση και κατανάλωση υλικών. Ο σχεδιασμός παίζει με τις σχέσεις μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων δημιουργώντας πολυτέλεια με ελάχιστο αποτύπωμα.

Το σπίτι των 8 μ² και 25 μ³, ταιριάζει με την τάση του «μικρού σπιτιού» στην οποία μικρές κατοικιών λύνουν μεγάλα προβλήματα στέγασης. Οι τεχνικές 3D εκτύπωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ιδιαίτερα καλά για μικρές προσωρινές κατοικίες, σε περιοχές που έχουν υποστεί καταστροφές, καθώς και για την ανάπτυξη βιώσιμων, προσαρμόσιμων λύσεων στέγασης για τις ταχέως αναπτυσσόμενες πόλεις σε όλο τον κόσμο. (100)

6.36
Εσωτερικός
χώρος

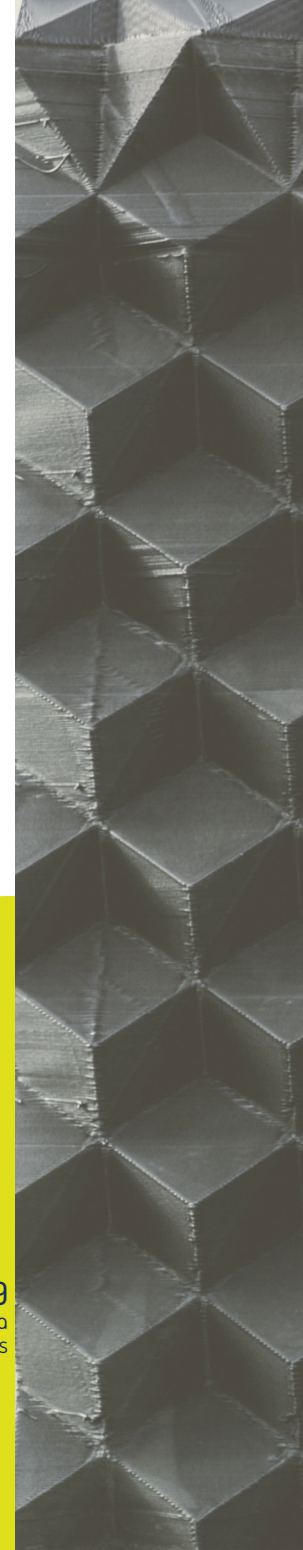


(100) https://www.archdaily.com/794855/urban-cabin-dus-architects?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects, 7 Φεβ. 2020



6.37, 6.38
Urban Cabin

6.39
Λεπτομέρεια
όψης





ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΤΗΣ

Όλα τα παραπάνω μας βοηθούν στην κατανόηση της Πλαστικής Αρχιτεκτονικής και της σχέσης της με το περιβάλλον. Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάται η σχέση της Πλαστικής Αρχιτεκτονικής με τον χρήστη και οι τρόποι με τους οποίους επηρεάζεται άμεσα η ζωή του. Δύο από αυτούς τους τρόπους επιρροής, η δυνατότητα Πυροπροστασίας και οικειοποίησης του υλικού, αποτελούν και προβλήματα για τα οποία γίνεται δυσκολότερη η ευρεία διάδοση του πλαστικού στην αρχιτεκτονική, οπότε παρουσιάζονται και πιθανές λύσεις σε αυτά. Ο τρίτος τρόπος επιρροής, η δυνατότητα εύκολης μεταβολής του πλαστικού, μπορεί να αλλάξει ολόκληρη την αντίληψη των χρηστών για την αρχιτεκτονική.

7.1. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Ένα σημαντικό αίτιο της μη διαδεδομένης χρήσης του πλαστικού στην αρχιτεκτονική είναι ότι έχουν μικρές αντοχές στη θερμότητα, κάτι που τα καθιστά επικίνδυνα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Τα πλαστικά υλικά επηρεάζονται σε ποικίλο βαθμό κατά την έκθεσή τους σε θερμική, φωτοχημική και υψηλής ενέργειας ακτινοβολία. Αυτές οι μορφές ενέργειας μπορούν να προκαλέσουν επιδράσεις όπως σχάση αλυσίδας, τροποποιήσεις στη δομή αλυσίδας και γενικότερα χημικές μεταβολές στην σύνθεση του πολυμερούς και στα άλλα συστατικά του πλαστικού. Τα περισσότερα πολυμερή, επειδή είναι οργανικά υλικά, είναι εύφλεκτα. Για να μπορέσει το πλαστικό να εφαρμοστεί στην αρχιτεκτονική πρέπει να έχει ένα επαρκή βαθμό αντοχής στη φωτιά, που συνήθως συναντάται στα προϊόντα από μη πλαστικοποιημένο PVC, φαινολικές ρητίνες και αμινοπλαστικά. Άλλα υλικά, ιδίως οι αλειφατικές πολυολεφίνες, το πολυστυρένιο και οι πολυουρεθάνες, είναι ανεπαρκείς ως προς την αντοχή τους στη φωτιά.

Λόγω αυτής της ανεπάρκειας των περισσότερων πολυμερών, κατά τη δημιουργία των πλαστικών προστίθενται επιβραδυντικά φλόγας (flame retardants) και μπορεί είτε να είναι αντιδραστικά συστατικά (reactive components), είτε αντιπυρικά πρόσθετα (additives). Τα αντιδραστικά συστατικά χρησιμοποιούνται κυρίως σε θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά και αποτελούν ειδικά ενδιάμεσα συστατικά σε ρόλο μεσολαβητή που εισάγονται στη δομή του πολυμερούς. Το μεγαλύτερο μέρος επιβραδυντικών φλόγας ανήκει στην κατηγορία των πρόσθετων. Τα πρόσθετα περιέχουν άλατα χλωρίου, βρωμίου, φωσφόρου ή μετάλλων και μειώνουν την πιθανότητα της ανάφλεξης και της παραπέρα διάδοσής της. (101) (102)

(101) Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσης, *Σύνθετα Υλικά*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2007, σελ. 93
(102) Brydson, J. A., ό.π., σελ. 92,144

Τα επιβραδυντικά φλόγας λειτουργούν με έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Παρεμβαίνουν χημικά στον μηχανισμό διάδοσης της φλόγας.
- Παράγουν μεγάλους όγκους αδιάλυτων αερίων που μειώνουν την παροχή αέρα.
- Αντιδρούν, αποσυντίθενται ή αλλάζουν την κατάσταση ενδοθερμικά, απορροφώντας με αυτούς τους τρόπους θερμότητα.
- Σχηματίζουν μια αδιαπέραστη πυρίμαχη επικάλυψη που εμποδίζει την πρόσβαση του οξυγόνου στο πολυμερές. (100) (101)

Τα πλαστικά που δεν περιέχουν ειδικές προσμίξεις αντιπυρικής προστασίας ή δεν έχουν αντιδραστικά συστατικά στην χημική τους σύσταση, αναφλέγονται και καίγονται απελευθερώνοντας τοξικό καπνό. Ο καπνός που απελευθερώνεται κατά την καύση και τα τοξικά προϊόντα της καύσης είναι πιο θανατηφόρος από της ίδια την φωτιά, με αποτέλεσμα η καταστολή της πυρκαγιάς με τη χρήση επιβραδυντικών να μην είναι πάντα η σωστή λύση, αφού μπορεί να οδηγήσουν σε αργή καύση και παραγωγή καπνού και όχι σε πλήρη καύση με μικρή εξέλιξη καπνού που είναι η πρόθεση.

Μία πιθανή λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η χρήση διογκούμενων υλικών σε μεγαλύτερο βαθμό, τα οποία όταν θερμαίνονται διογκώνονται και θωρακίζουν το εύφλεκτο υλικό από φωτιά και οξυγόνο. Άλλη λύση είναι η ανάπτυξη πολυμερών όπως οι φαινολικές ρητίνες που κατά την καύση παράγουν εξωτερικά έναν σκληρό άνθρακα ο οποίος επίσης θωρακίζει το καύσιμο υλικό που βρίσκεται εσωτερικά. (103)

(103) Brydson, J. A., ό.π., σελ.145

7.2. ΟΙΚΕΙΟΠΟΙΗΣΗ

Άλλος ένας λόγος για τον οποίο δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη η εφαρμογή του πλαστικού στην αρχιτεκτονική είναι ότι ο χρήστης δεν μπορεί να το οικειοποιηθεί. Τα παραδοσιακά υλικά όπως το ξύλο δημιουργούν μια «ζεστή» συνήθως ατμόσφαιρα, μια ατμόσφαιρα που είναι οικεία στον άνθρωπο, μιας και συναναστρέφεται με αυτό από την αρχαιότητα. Σε αντίθεση, τα πλαστικά έχουν μπει στον ανθρώπινο ορίζοντα σχετικά πρόσφατα και το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών τα αντιλαμβάνεται σαν κάτι τεχνητό, χημικό και βλαβερό. Έτσι, αυτά τα υλικά στην αρχιτεκτονική μπορούν να φαντάζονται «κρύα», ξένα και ανοίκεια.

Παραδόξως, τα πλαστικά θεωρούνται πολύ συχνά ως υποκατάστατο υλικό χαμηλότερης ποιότητας όταν, στην πραγματικότητα, ισχύει το αντίθετο: τα πλαστικά είναι προϊόντα υψηλής τεχνολογίας. (104) Αυτές όμως οι αντιλήψεις περί των πλαστικών θα μπορούσαν να αλλάξουν, με το να γνωρίσουν οι άνθρωποι τις πραγματικές δυνατότητες του πλαστικού. Τα καινούρια πλαστικά υλικά είναι περισσότερο φυσικά, περισσότερο και από πολλά παραδοσιακά υλικά (π.χ. πλαστικά ενισχυμένα με ίνες καρότου). Επίσης, μπορούν να μιμηθούν τα παραδοσιακά υλικά και να δημιουργήσουν οικείο περιβάλλον στους χρήστες, για την ακρίβεια, τα πλαστικά μπορούν να διευκολύνουν και να βελτιώσουν τη ζωή των χρηστών.

Επιπλέον, όπως έχει προαναφερθεί, δεν είναι εύκολα αποδεκτές οι μορφές που προκύπτουν με τη χρήση του πλαστικού. Η αρχιτεκτονική που αντιπροσωπεύει τα περισσότερα πλαστικά υλικά έχει νεωτερικές μορφές, που αν και κατά κύριο λόγο αντλούν έμπνευση από τη φύση, είναι πρωτόγνωρες για τους ανθρώπους στον χώρο κατοικίας τους. Αυτό ήταν περισσότερο έντονο όταν ξεκίνησε να χρησιμοποιείται το πλαστικό στην αρχιτεκτονική κατά τα μέσα του 19ου αιώνα, όσο περνάει ο χρόνος μειώνεται καθώς οι άνθρωποι γίνονται όλο και περισσότερο εξοικειωμένοι σε τέτοιες μορφές, μαθαίνοντας να συμβιώνουν. Αυτές οι μορφές ταιριάζουν στην φύση του ανθρώπου όλο και περισσότερο, στη διαδικασία διερεύνησης των ριζών του όχι στο τεχνητό, αλλά στο φυσικό περιβάλλον.

7.3. ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Οι κτιριακές κατασκευές με παραδοσιακά υλικά συνήθως είναι στάσιμες, ενώ διαρκούν πολλά χρόνια. Οι πόλεις είναι γεμάτες με παλιά κτίρια, όμως οι ανάγκες των ανθρώπων αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, δεν παραμένουν αμετάβλητες, και για αυτόν τον λόγο πρέπει και τα κτίρια είτε να μεταβάλλονται, είτε να έχουν την δυνατότητα οι χρήστες να εναλλάσσουν κτίρια με βάση τις εκάστοτε ανάγκες τους. Για το τελευταίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση τα κατασκευαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται να κοστίζουν λιγότερο και να είναι περισσότερο φιλικά στην ανακύκλωση.

Δεδομένου ότι το πλαστικό αποτελεί ένα ελαφρύ, οικονομικό υλικό που μπορεί να μορφοποιείται σε σχετικά μικρές θερμοκρασίες, οι πλαστικές κατασκευές θα μπορούσαν να μεταβληθούν σχετικά εύκολα. Ένα κτίριο κατασκευασμένο ολόκληρο από πλαστικό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για μερικά χρόνια και μετά ο χρήστης να αποφασίσει να το λιώσει και να δημιουργήσει ένα κτίριο διαφορετικής μορφής ή απλά με την εφαρμογή θερμότητας να τροποποιήσει το ήδη υπάρχον.

Αυτές οι δυνατότητες δίνουν στον χρήστη ελευθερία, δεν τον περιορίζουν σε κάτι προκαθορισμένο για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

(104) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010, σελ. 13

08

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είδαμε ότι το πλαστικό, ενώ αρχικά αποτελούσε φυσικό υλικό, μέσω της εξέλιξής του έγινε περισσότερο διαδεδομένο τον 20 αιώνα όπου δημιουργήθηκαν τα συνθετικά πλαστικά. Είδαμε επίσης, μέσω της μελέτης περιπτώσεων, ότι λόγω των ποικίλων ιδιοτήτων των πλαστικών, είτε είναι δημιουργημένα εκ νέου είτε είναι ανακυκλωμένα και επαναχρησιμοποιημένα, προσφέρονται και ποικίλοι τρόποι εφαρμογής στην αρχιτεκτονική, παρά τα μειονεκτήματα που μπορεί να έχει σε σχέση με άλλα υλικά. Σε αυτό το σημείο γίνεται απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στην εισαγωγή, με βάση όλα όσα προηγήθηκαν, ως τα συμπεράσματα αυτής της ερευνητικής εργασίας.

1. Γιατί το πλαστικό δεν χρησιμοποιείται ευρέως στην Αρχιτεκτονική;

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 δόθηκε έμφαση στις κατοικίες που ήταν ολόκληρες φτιαγμένες από πλαστικά υλικά. Όμως, τελικά η χρήση του πλαστικού στην κατασκευαστική βιομηχανία επικεντρώθηκε στη δημιουργία σωληνώσεων, αγωγών, μονώσεων, δαπέδων, επενδύσεων τοίχων και κουφωμάτων. Τα αίτια που οδήγησαν σε αυτό είναι πολυεπίπεδα. Πρώτον, ενώ είχε αρχίσει να διαδίδεται το πλαστικό ως υλικό για αρχιτεκτονικούς πειραματισμούς λόγω του οικονομικού κόστους του, τη δεκαετία του 1970 η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε στην εκτόξευση των τιμών. Δεύτερον, η αρχιτεκτονική που αντιπροσωπεύει ιδανικά το πλαστικό, εκμεταλλευόμενη στο έπακρο τις δυνατότητές του, είναι αντισυμβατική, δεν την έχουν συνηθίσει οι χρήστες/πελάτες, και είναι πιο δύσκολο να την οικειοποιηθούν σε σχέση με την αρχιτεκτονική άλλων παραδοσιακών υλικών. Τρίτον, το πλαστικό θεωρείται επιβλαβές υλικό για το περιβάλλον, κάτι που ισχύει εν μέρει, αλλά έχει τη δυνατότητα να ανακυκλωθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί. Επίσης, έχουν αναπτυχθεί και αναπτύσσονται πλαστικά υλικά φιλικά προς το περιβάλλον. Τέταρτον, πρόβλημα στην εξέλιξη του πλαστικού στην αρχιτεκτονική έχουν αποτελέσει οι διάφορες «προκαταλήψεις» σχετικά με το πλαστικό, όπως η χαμηλή θερμική του αντοχή, για την οποία υπάρχουν λύσεις, και η αντίληψη του πλαστικού σαν υλικό χαμηλής ποιότητας, λόγω του ότι είναι ελαφρύ και τελείως τεχνητό.

Πέμπτο, ούτε η νέα γενιά πλαστικών ούτε οι ψηφιακές τεχνικές παραγωγής έχουν ωριμάσει πλήρως, με συνέπεια το πλαστικό σπάνια να χρησιμοποιείται σαν βασικό υλικό στην αρχιτεκτονική. Αντ' αυτού, μόνο οι σύνθετες γεωμετρίες και όχι σε επίπεδο φέροντα οργανισμού σε ένα κτίριο πραγματοποιούνται συχνά υπό μορφή λεπτών πλαστικών μεμβρανών.

2. Υπάρχει «Πλαστική» Αρχιτεκτονική και αν ναι, ποια είναι τα χαρακτηριστικά της;

Πολλές φορές τα πλαστικά χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική σαν φτηνό υποκατάστατο άλλων υλικών, όμως υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις στις οποίες το πλαστικό αποτελεί το έναυσμα για τη δημιουργία μιας νέας αρχιτεκτονικής, την Πλαστική Αρχιτεκτονική. Αυτή η Αρχιτεκτονική χαρακτηρίζεται από τη συμβατότητά της με την τεχνολογία και τις τεχνολογικές εξελίξεις, τις πλαστικές μορφές, τα διάφορα επίπεδα διαφάνειας και τον επαναπροσδιορισμό των ορίων μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού, του κτιρίου και του χρήστη. Με τα ποικίλα χρώματα, τις υφές και τις ποιότητες που είναι δυνατόν να επιτευχθούν με τα πλαστικά υλικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι μπορούν πιο εύκολα, σε σχέση με τα άλλα υλικά, να προσαρμοστούν, να μεταβληθούν και να εκφράσουν με περισσότερη πλαστικότητα τις ιδιосυγκρασίες και αισθήσεις δίνοντας την δυνατότητα σε αρχιτέκτονες και χρήστες να πραγματοποιήσουν τον ιδανικό τους χώρο. Η Πλαστική Αρχιτεκτονική αναπτύσσεται μαζί με την τεχνολογία και τα πλαστικά υλικά, ώστε τα τελευταία να μπορούν να προσαρμοστούν καλύτερα στις εκάστοτε απαιτήσεις και ανάγκες. Επίσης, αρκετές φορές αποδίδονται στην Πλαστική Αρχιτεκτονική έννοιες όπως εφήμερη, προσωρινή, ακόμα και πρόχειρη. Αυτό οφείλεται αφ' ενός όντως στη χρήση του πλαστικού με τον τρόπο αυτό (π.χ. Ikea refugee shelter) και αφ' ετέρου στην μη διαδεδομένη χρήση του σαν βασικό υλικό στην αρχιτεκτονική, παρά μόνο σε πειραματικές κατασκευές και σε λυόμενα, προκατασκευασμένα, κινητά περίπτερα. Οπότε, όντως υπάρχει Πλαστική Αρχιτεκτονική η οποία δεν είναι 100 % ολοκληρωμένη και αναμένεται να προστεθούν καινούρια χαρακτηριστικά και ιδιότητες σε αυτή με την περαιτέρω εφαρμογή της σε μόνιμες κατασκευές και την περαιτέρω ανάπτυξη των πλαστικών υλικών.

3. Πώς επηρεάζει άμεσα η εφαρμογή του πλαστικού στην αρχιτεκτονική τον χρήστη ενός χώρου;

Η Πλαστική Αρχιτεκτονική επηρεάζει άμεσα σε μεγάλο βαθμό τον χρήστη. Σε πρώτο πλάνο, επηρεάζει την ασφάλειά του, ως προς την Πυρασφάλεια. Ενώ τα πλαστικά υλικά έχουν μεγάλη αντίσταση ενάντια στα καιρικά φαινόμενα και σε χημικές ουσίες, δεν είναι όσο ανθεκτικά όσο άλλα υλικά στην φωτιά. Αυτό παίζει καθοριστικό ρόλο στην χρήση του πλαστικού στην αρχιτεκτονική και τη ζωή του ανθρώπου, καθώς πρέπει πάντα να έχουν προβλεφθεί τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Πέρα από αυτό, η Πλαστική Αρχιτεκτονική, μέσω των μορφών της, της εύκολης μεταβολής της και της σχέσης της με την τεχνολογία, μπορεί να φέρει νέους τρόπους αντίληψης του κόσμου και της αρχιτεκτονικής. Οι μορφές που εκφράζουν την αρχιτεκτονική του πλαστικού αμφισβητούν την αυστηρή Ευκλείδεια γεωμετρία που για αιώνες εφαρμόζεται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, και προτείνουν την εγκαθίδρυση πιο οργανικών μορφών, εμπνευσμένων από τη φύση. Οι νέες τάσεις της Πλαστικής Αρχιτεκτονικής συλλαμβάνουν τον άνθρωπο σαν ένα μέρος της φύσης, που και στην αρχιτεκτονική που το περιβάλλει πρέπει να αντικατοπτρίζεται και αυτή του η πλευρά, ώστε να είναι ολοκληρωμένη. Άλλος ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να αλλάξει το πώς ζούμε και βλέπουμε τον κόσμο, είναι η δυνατότητα των κτιρίων να έχουν μικρή διάρκεια ζωής, σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική διάρκειας πολλών αιώνων, λόγω της εύκολης μεταβολής, ανακύκλωσης και επανάχρησης των πλαστικών υλικών, καθώς και του οικονομικού κόστους τους, σε σύγκριση με άλλα οικοδομικά υλικά. Έτσι, η αρχιτεκτονική μπορεί να προσαρμόζεται καλύτερα στις ανάγκες των χρηστών και της κοινωνίας.

4. Ποια η σχέση του πλαστικού με το περιβάλλον;

Το πλαστικό και το περιβάλλον δεν βρίσκονται πάντα σε αντιπαράθεση. Τα πετροχημικά πλαστικά είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο και γενικότερα το περιβάλλον, και τα πλαστικά αποτελούν επικίνδυνα απόβλητα στο τέλος της ζωής τους, όμως μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν για να δώσουν ζωή σε κάτι νέο, με ποικίλες εφαρμογές, αν και τις περισσότερες φορές με μειωμένη ποιότητα. Τα θερμοπλαστικά μπορούν να ανακυκλωθούν εύκολα, τα θερμοσκληρυνόμενα δύσκολα, και τα σύνθετα πλαστικά υλικά ακόμα δυσκολότερα. Αυτό όμως δεν εμποδίζει το πλαστικό να είναι μέρος ενός κυκλικού συστήματος όπου συνεχώς επαναχρησιμοποιείται και ανακυκλώνεται, παραμένοντας εντός του συστήματος, χωρίς να μετατρέπεται σε απόβλητα. Επιπλέον, οι νέες εξελίξεις στον τομέα των πλαστικών προσανατολίζονται σε πιο φυσικές λύσεις όπως τα Βιοπλαστικά.

5. Υπάρχουν δυνατότητες ανακυκλωσιμότητας μέσω της αρχιτεκτονικής;

Τα πλαστικά που έχουν ολοκληρώσει την ωφέλιμη ζωή τους, όπως προαναφέρθηκε, μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν σε ποικίλες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης και της αρχιτεκτονικής. Χρησιμοποιείται στην αρχιτεκτονική όχι μόνο σαν κάτι πρόσθετο, αλλά σε πολλές περιπτώσεις επηρεάζει ολόκληρη την σχεδιαστική και δημιουργική διαδικασία. Το ανακυκλωμένο και επαναχρησιμοποιημένο πλαστικό σαν βασικό υλικό στην αρχιτεκτονική μπορεί να προσδώσει νέες ποιότητες, νοήματα και μηνύματα, που αφορούν κυρίως την οικολογική κρίση και τον υπερκαταναλωτισμό. Έτσι, αυτά τα υλικά μπορούν πετυχημένα με πολλούς τρόπους να εφαρμοστούν στην αρχιτεκτονική και να αποτελέσουν μέσο επικοινωνίας μεταξύ του κτιρίου και του χρήστη.

9.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

- Domobiles, 1955-1973
- Polyvalent cells, 1958-1960, 1962, 1966
- Pneumacosc, 1967
- Villa Rosa, inflatable prototype, Vienna, 1968-1969
- Glass Vessel, Ιαπωνία, 1991
- Fluxspace 2.0 Pavilion, Βενετία, Ιταλία, 2000
- SmartWrap, Νέα Υόρκη, 2003
- Cocoon Paul, Stuttgart, 2004
- Kitchen Monument, 2006
- Drivhus, Στοκχόλμη, 2015
- Operations Building, Frutigen, 2007
- Exhibition Building, Busan, 2007

9.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

- Mobile Cabin Hotel, prototype, Παρίσι, 1956
- FUTURO, 1968
- One Square Metre House, 2003



Εδώ παρουσιάζονται επιπλέον παραδείγματα εφαρμογής πλαστικών υλικών στην αρχιτεκτονική ακολουθώντας τον διαχωρισμό τους σε θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενα υλικά. Σκοπός είναι, μέσα από αυτά τα παραδείγματα να δημιουργηθεί μία πληρέστερη εικόνα σχετικά με την Πλαστική Αρχιτεκτονική και να γίνει καλύτερη κατανόηση των δυνατοτήτων της.

9.1. ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

Domobiles, 1955-1973

Το 1955, ο Pascal Häusermann άρχισε να μελετάει τα Domobiles, οικότοποι που προκύπτουν από τη συναρμολόγηση προκατασκευασμένων στοιχείων από συνθετικά υλικά, κελύφη αφρού πολυουρεθάνης επικαλυμένα με ενισχυμένο πολυεστέρα. Το 1961, διερεύνησε τη σκοπιμότητα των κυττάρων κατοικίας κατασκευασμένων από πλαστικά υλικά, πραγματοποιώντας με τον Eric Hoechel και τον Bruno Camoletti ένα πλαστικό πρωτότυπο το 1962. Αυτά τα πειράματα ήταν ευρέως αναγνωρισμένα από τον τύπο και ο Häusermann έλαβε πολλές παραγγελίες για τα Domobiles. Ενώ δεν μπόρεσε να καλύψει τις παραγγελίες, γιατί δεν είχε άδεια κατασκευής, συνέχισε να αναπτύσσει Domobiles που ενσωματώνουν την αρχή του προσαρμόσιμου περιβάλλοντος και της κινητικότητας. (106) (107)

9.2
Μακέτα
Domobile



9.1
Domobile

(106) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, *ArchiLab's urban experiments: radical architecture, art and the city*, εκδ. Thames & Hudson/Mori Art Museum, London, 2005, σελ. 70
(107) <http://www.frac-centre.fr/collection-art-architecture/hausermann-pascal/domobiles-64.html?authID=87&ensembleID=245>, 23 Σεβ. 2020

Polyvalent cells, 1958-1960, 1962, 1966

Την περίοδο 1958-60, τα πολυσθενή- πολυδύναμα κύτταρα (cellules polyvalentes) του Jean-Louis Chanéas, ξεκίνησαν τη νέα του σκέψη σχετικά με τις αρθρωτές αρχιτεκτονικές κατασκευές. Αυτά τα κελύφη πολλαπλών χρήσεων θα μπορούσαν να αντιπαραθετηθούν και να υπερθετηθούν, μέχρι να σχηματιστεί μια γειτονιά ή ακόμα και μια ολόκληρη πόλη. Στη Σαβοΐα το 1962, του πήρε μόνο δύο ώρες για να χτίσει μια πειραματική κατοικία αποτελούμενη από πέντε πολυσθενή κύτταρα που είχαν προκατασκευαστεί από το εργοστάσιο. Η μαζική παραγωγή αυτών των κατοικιών αντικατόπτριζε ένα όραμα της αρχιτεκτονικής να μην είναι αυστηρή και να έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλεται. Το 1966 ο Chanéas ανέπτυξε με τον μηχανικό Jean Nicoulaud ένα πρωτότυπο του κυττάρου από πολυεστέρα. Αυτά τα ατομικά πλαστικά κύτταρα στηρίζονται στις υποστηρικτικές χωρικές δομές «αράχνες του χώρου» (araignées d'espace), που έχουν τη μορφή ενός χαλύβδινου ιστού για να δημιουργήσουν ένα δίκτυο. (108)

9.3
Polyvalent cells, μακέτα



9.4
Πρωτότυπο
μονάδα

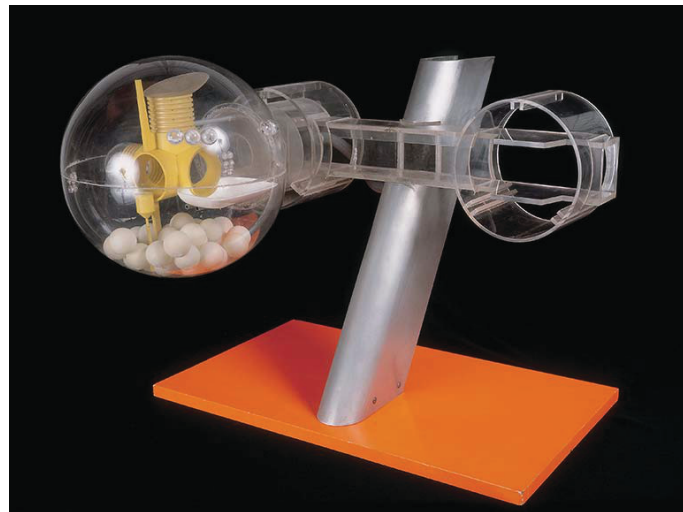


(108) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 68

Pneumacosc, 1967

Το Pneumacosc από τους Haus-Rucker-Co, είναι μια φουσκωτή πλαστική μονάδα κατοικίας που λειτουργεί σαν λαμπτήρας πυρακτώσεως μέσα σε μια κατακόρυφη αστική δομή. Όταν μια μονάδα είναι συνδεδεμένη στην πρόσοψη του κτιρίου, είναι έτοιμη να λειτουργήσει. Το εσωτερικό της σφαίρας χωρίζεται σε δύο περιοχές: έναν μεγάλο κοινό χώρο και αρκετούς μικρότερους χώρους που είναι αφιερωμένοι σε διάφορες λειτουργίες. Οι μικρές λειτουργικές μονάδες μπορούν να επιλεγούν μεμονωμένα πριν από την εγκατάσταση στην κατακόρυφη δομή. Το Pneumacosc είναι ένα διαφανές «δέρμα» που επεκτείνει τη μάζα της αρχιτεκτονικής στην πόλη. (109)

9.5
Pneumacosc



9.6
Πόλη
Pneumacosc

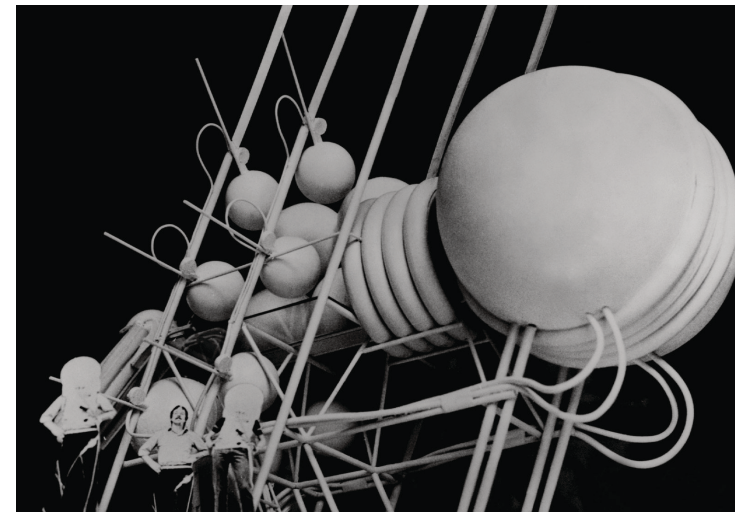
9.7 Σχηματισμός Pneumacosc

(109) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 76

Villa Rosa, inflatable prototype, Vienna, 1968-1969

Η Villa Rosa ήταν ένα πρωτότυπο για έναν φουσκωτό, μετακινούμενο περιβάλλον, από τους αρχιτέκτονες Wolf Prix και Helmut Swiczinsky. Αποτελείται από οκτώ πλαστικές φυσαλίδες, όγκοι που θα μπορούσαν να αλλάζουν σχήμα, να παράγουν διάφορους ήχους, χρώματα και αρώματα που ανανεώνουν τις αντιλήψεις του χρήστη σε κάθε σημείο. Η Villa Rosa αποτελούσε θάλαμο χαλάρωσης, παρέχοντας ένα ντεκόρ για παραστάσεις και ένα κύμα αισθητήριων εμπειριών για ολόκληρο το σώμα. Οι αρχιτέκτονες πρότειναν τις ιδέες τους στη NASA για χρήση ως ψυχικό περιβάλλον για τους αστροναύτες. (110)

9.8
Villa Rosa



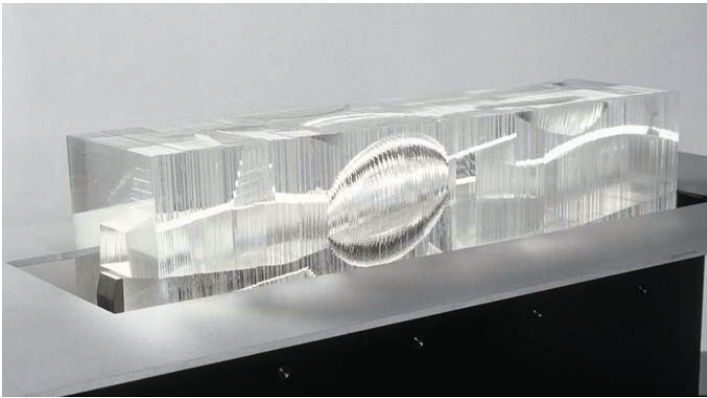
9.9
Σχέδιο όψης

9.10
Φουσκωτό
τμήμα

(110) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 73

Glass Vessel, Ιαπωνία, 1991

Με το έργο αυτό, η ομάδα dECOi ανέλαβε τις θεμελιώδεις αρχές του μοντερνισμού στην αρχιτεκτονική όπως η διαφάνεια, το πρόγραμμα και οι ουτοπικές κοινωνικές ιδέες. Το «γυάλινο σπίτι» που αποτελείται από πάνω από 150 φύλλα πλεξιγκλάς με πολλές κοιλότητες, είναι ακατοίκητο, διότι όποιος βρισκόταν μέσα θα καίγεται αμέσως από τις αντανakλαζόμενες ακτίνες του ήλιου. Με αυτόν τον τρόπο αυτή η κατασκευή φέρνει στα άκρα την βασική ιδέα του Μοντερνισμού του γυάλινου τοίχου. (111)



9.11
Μοντέλο Glass Vessel

9.12 Σχέδιο όψης

(111) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 292

Fluxspace 2.0 Pavilion, Βενετία, Ιταλία, 2000

Το Fluxspace 2.0 των Hani Rashid + Lise Anne Couture, ήταν μία μεγάλης κλίμακας προσωρινή παρέμβαση στους ιστορικούς κήπους της έκθεσης Biennale της Βενετίας. Η κατασκευή του περιπτερου με ύψος 6 μ. και μήκος 30 μ., αποτελούταν από ένα χαλύβδινο πλαίσιο πάνω στο οποίο στηριζόταν το γεμάτο με αέρα-φουσκωτό πλαστικό κέλυφος, δημιουργώντας μια αντίθεση μεταξύ του υλικού εξωτερικού χώρου και του ρευστού εσωτερικού. Στο εσωτερικό υπήρχαν δύο περιστρεφόμενα διαφράγματα από πλεξιγκλάς διαμέτρου 2,4 μ. που ήταν εξοπλισμένα με κάμερες 180 μοιρών ικανές να καταγράφουν εικόνες σε διαστήματα τριάντα δευτερολέπτων. Από την συνεχώς μεταβαλλόμενη εσωτερική «αρχιτεκτονική» παράχθηκαν 1,54 εκατομμύρια διακριτές εικόνες του εσωτερικού όγκου και των στρεβλώσεων και αλλαγών που ξεδιπλώθηκαν κατά τη διάρκεια της πενταμηνίας της έκθεσης, οι οποίες δημοσιεύονταν ταυτόχρονα στο διαδίκτυο. Σκοπός αυτού του έργου είναι να εισάγει την τεχνολογία στην αρχιτεκτονική, όχι μόνο ως εργαλείο παραγωγής και αναπαράστασης, αλλά ως μέσο δημιουργίας σχέσης με τους χρήστες μέσω της αλληλεπίδρασης και της σύνδεσης με το διαδίκτυο. (112)



9.13
Fluxspace 2.0

9.14, 9.15
Εσωτερική
ατμόσφαιρα

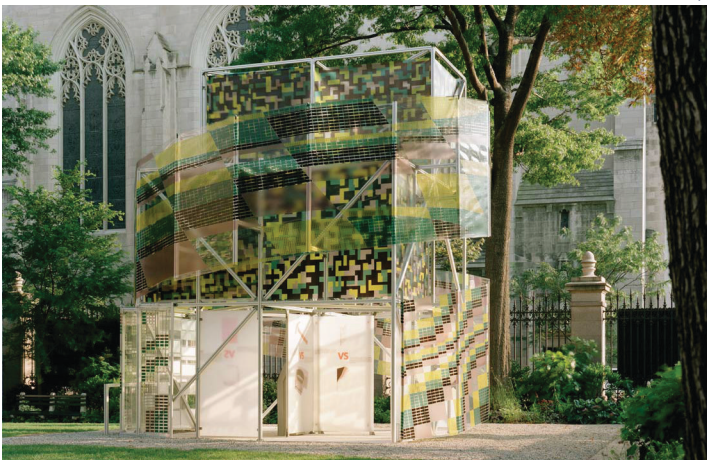


(112) Rashid Hani, Couture Lisa Anne, Asymptote: Flux, εκδ. Phaidon Press Limited, China, 2002, σελ. 17, 228

SmartWrap, Νέα Υόρκη, 2003

Το SmartWrapTM, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Kieran Timberlake Associates, είναι ένα «έξυπνο» σύνθετο πλαστικό υλικό, το οποίο δοκιμάστηκε και παρουσιάστηκε πρώτα σε υπαίθρια περίπτερα στη Νέα Υόρκη. Το διαφανές τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), ως φορέας διαφορετικών λειτουργικών στρωμάτων, επιδεικνύει τις δυνατότητες ενός ηλεκτρονικού περιβλήματος κτιρίου. Εξαιρετικά λεπτά στρώματα λειτουργούν ως φωτοβολταϊκά κύτταρα, μπαταρίες λεπτής μεμβράνης, αγωγή κυκλώματα, τρανζίστορ λεπτής μεμβράνης, οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός και ηλεκτροχρωματική ηλιακή προστασία. Παρέχουν, αποθηκεύουν και κατευθύνουν την ενέργεια, είναι αισθητήρες, πηγές φωτός και ρυθμίζουν τη συχνότητα φωτισμού και το θερμικό κέρδος. Η πρόσοψη, η εμφάνιση της οποίας εξαρτάται από το επίπεδο της ηλιακής ακτινοβολίας, αποτελείται από πολλά στρώματα: «έξυπνη» πλαστική επίστρωση για προστασία από τις καιρικές συνθήκες, ένα ερμητικά σφραγισμένο στρώμα αέρα για μόνωση και ένα εσωτερικό στρώμα μαξιλαριού αεροζέλ με ενσωματωμένο PCM (υλικό αλλαγής φάσης) ως επιπρόσθετη θερμομόνωση και θερμική αποθήκευση. Αυτή η κατασκευή φτάνει παρόμοιες θερμικές αποθηκευτικές και μονωτικές τιμές με μια τοιχοποιία, όπως και το Cocoon Paul. (113)

9.16
SmartWrap



9.17, 9.18 Λεπτομέρειες κελύφους

(113) Jeska, Simone, «Plastics: Ethereal Materials or Trash Culture», DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 444

Cocoon Paul, Stuttgart, 2004

Στο Cocoon Paul, μια χωρική κατασκευή που μοιάζει με σπηλιά, χρησιμοποιήθηκαν εξαιρετικά λεπτές πολυστρωματικές κατασκευές εφελκυσμού που αναπτύχθηκαν από τον Markus Holzbach στο ILEK, στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης. Τα πολλαπλά στρώματα φύλλων PTFE είναι υπεύθυνα για διαφορετικές λειτουργίες, όπως η προστασία από τις καιρικές συνθήκες στο εξωτερικό στρώμα, ακολουθώντας ο φωτισμός, η μόνωση και τελικά η θερμική μάζα. Όλα αυτά μαζί έχουν τις ίδιες ιδιότητες θερμικής αποθήκευσης και μόνωσης με μια τοιχοποιία. (114)

Kitchen Monument, 2006

Το φορητό Kitchen Monument από τους Raumlabor_berlin και Plastique Fantastique είναι μια φουσκωτή μινιμαλιστική κατασκευή από διαφανές πλαστικό φύλλο, στο οποίο, όταν χρειάζεται, προστίθεται αέρας από το μεταλλικό γλυπτό. Όταν ο χώρος είναι επαρκής, ανοίγει ως μια ομοιόμορφα σχηματισμένη φυσαλίδα σε ένα αστικό περιβάλλον, το οποίο αγκαλιάζει και αναπτύσσει παραμορφώσεις ανάλογα με αυτό. (115)

9.19
Kitchen Monument



9.20
Kitchen monument
εσωτερικά



9.21
Cocoon
Paul

(114) Jeska, Simone, ό.π., σελ. 444
(115) Jeska, Simone, ό.π., σελ. 443-444

Drivhus, Στοκχόλμη, 2015

Οι U.D. Urban Design AB και Selgascano έχουν κερδίσει έναν διεθνή διαγωνισμό για την εκπόνηση των νέων Γραφείων Σχεδιασμού και Διοίκησης της πόλης της Στοκχόλμης της Σουηδίας. Το έργο τους Drivhus (Θερμοκήπιο στα Δανικά) θα βρίσκεται νότια του κέντρου της πόλης της Στοκχόλμης στο Söderstaden. Μαζί με ένα χώρο εργασίας για 1.800 άτομα, το Drivhus θα γίνει ένας ανοικτός, δημοκρατικός χώρος για τους δημόσιους υπαλλήλους, τους πολιτικούς και το κοινό που θα μπορούν να συναντηθούν και να συζητήσουν τις μελλοντικές εξελίξεις στην πόλη. Το όλο έργο στοχεύει να καταλύσει την αναζωογόνηση ενός μεγάλου αστικού χώρου, μετατρέποντας τα περιβάλλοντα μεγάλα κτίρια εκδηλώσεων σε περισσότερο ανθρώπινα περιβάλλοντα. Ένα φυσικό πάρκο θα αποτελέσει ένα κεντρικό στοιχείο αυτής της νέας ανάπτυξης, που περιβάλλεται από στέγαση, εμπορικές και πολιτιστικές δραστηριότητες. Το πράσινο από το πάρκο θα συνεχίσει στο κτίριο, κυριολεκτικά σέρνεται «κάτω από το δέρμα» της διπλής πρόσοψης του ETFE, καθιστώντας μέρος των συστημάτων ενέργειας και εξαερισμού του κτιρίου. Το όριο μεταξύ της πρόσοψης και του κτιρίου θα δημιουργήσει ένα εύκρατο μικροκλίμα για τα αναπτυσσόμενα φυτά και τους εσωτερικούς χώρους εργασίας. (116)

9.22
Drivhus



(116) Oh, Eric, *Drivhus – Planning & Administrative Offices for the City of Stockholm* / UD Urban Design AB + Selgascano Architecture, 2016, <https://www.archdaily.com/782820/ud-urban-design-ab-and-selgascano-unveil-winning-proposal-for-new-planning-offices-in-stockholm>, 6 Φεβ. 2020

Operations Building, Frutigen, 2007

Το κέντρο υποδομών, με συνεργείο και πυροσβεστικό σταθμό, κατασκευάστηκε για να διευκολυνθεί τη λειτουργία της σήραγγας Lötschberg μήκους 36 χιλιομέτρων. Τα δύο κτίρια από τους Müller και Truniger Architekten, με παρόμοιο όγκο αλλά διαφορετικά μήκη, βρίσκονται δίπλα στις σιδηροδρομικές γραμμές και έχουν μια κοινή βάση. Παρά το μέγεθός τους, και οι δύο αίθουσες συνδυάζονται καλά με το περιβάλλον, εν μέρει λόγω της εξωτερικής επικάλυψης με πράσινα πολυκαρβονικά φύλλα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα δομικά μέλη είναι ελάχιστα διακριτά, αλλά τη νύχτα φωτίζονται μέσα από την ημιδιαφανή πρόσοψη. (117)

9.24
Operations Building



(117) DETAIL: *Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, Plastics, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 492

9.25
Λεπτομέρεια
όψης



9.26
Φωτισμένη
όψη

Exhibition Building, Busan, 2007

Το κτίριο εκθέσεων στο Busan από τους Mass Studies, σχεδιασμένο και υλοποιημένο σε μόλις δέκα μήνες, έχει χαρακτηριστικούς ακανόνιστα διαμορφωμένους προβόλους πάνω από μία συμπαγή βάση-πλίνθος. Τα κάθετα φύλλα από μεμβράνη ETFE της πρόσοψης, που φωτίζεται από μέσα τη νύχτα, δίνουν μια αίσθηση ελαφρότητας στον μεγάλο όγκο. Μάλιστα, η όψη αποτελείται από δύο στρώσεις ETFE μεμβράνης, ένα διάφανο εντυπωμένο εξωτερικά και ένα ημιδιάφανο εσωτερικά. Το κτίριο συνδυάζει έναν εκθεσιακό χώρο ακινήτων με πολιτιστικές εγκαταστάσεις. Το εσωτερικό είναι σαφώς οργανωμένο, καθώς η ζώνη του πλίνθου και οι πάνω όροφοι του προβόλου έχουν διαφορετικές χρήσεις. (118)

9.28
Εσωτερική
αίσθηση



9.29 Λεπτομέρεια όψης



9.27
Exhibition Building

(118) *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics*, Munich, 2008, τχ. 5, σελ. 484

9.2. ΘΕΡΜΟΣΚΛΗΡΥΝΟΜΕΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Mobile Cabin Hotel, prototype, Παρίσι, 1956

Το 1956, οι αρχιτέκτονες Ionel Schein και Rene Andre Coulon μαζί με τον μηχανικό Yves Magnant δημιούργησαν ένα πλήρως εξοπλισμένο και κινητό δωμάτιο ξενοδοχείου, διαμορφωμένο σαν ένα ενιαίο κέλυφος από πλαστικοποιημένα υλικά και υαλοβάμβακα. Αυτές οι καμπίνες επέτρεψαν την ταχεία μεταφορά και εγκατάσταση σε όλους τους τύπους εδάφους και έγιναν οι πρώτες αυτόνομες μονάδες κατοικίας που θα μπορούσαν να μεταφερθούν με φορτηγό. Τα έργα αυτής της ομάδας Plastic-Made House και Mobile Cabin Hotel είχαν ισχυρή επιρροή στην ομάδα Archigram στο Λονδίνο, καθώς και στους Μεταβολιστές. (119)

9.30
Mobile Cabin Hotel

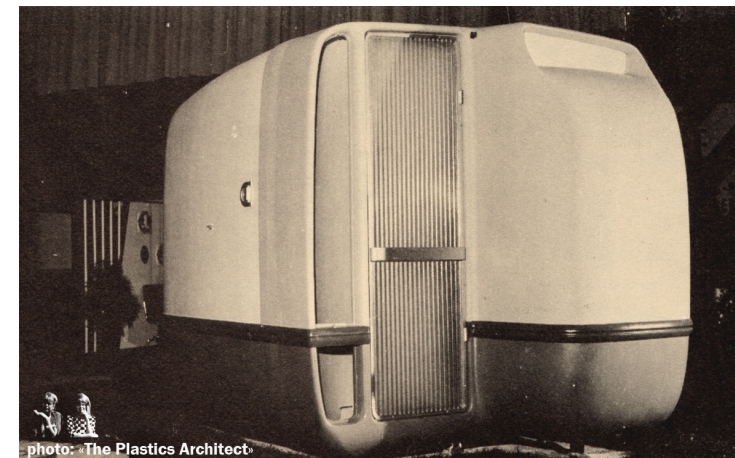
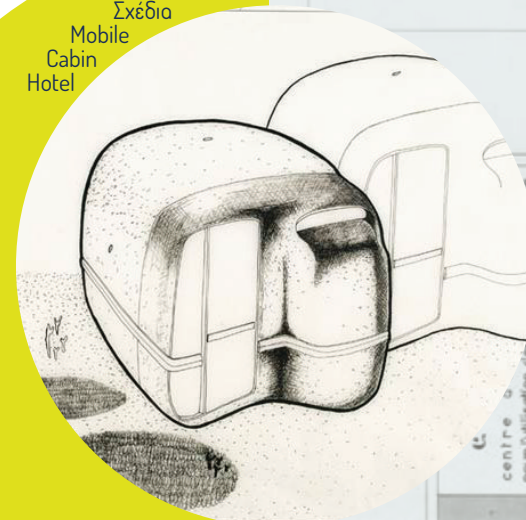


photo: The Plastics Architect.

9.31, 9.32

Σχέδιο
Mobile
Cabin
Hotel

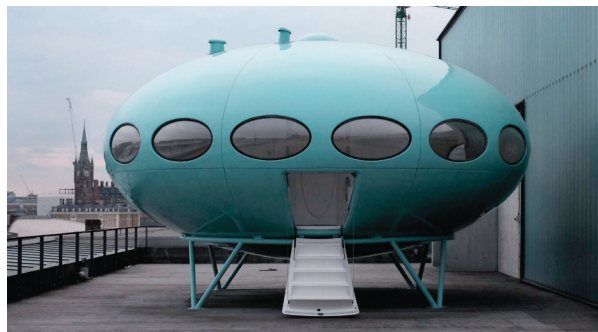


(119) Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, ό.π., σελ. 79

FUTURO, 1968

Το Futuro του αρχιτέκτονα Matti Suuronen και του μηχανικού Yrjö Ronkka, είναι μια μονόωρη κινητή κατοικία που μπορούσε να ανεγερθεί γρήγορα σε δυσπρόσιτες περιοχές. Η μορφή του περιστροφικού ελλειψοειδούς με κυκλική κάτοψη, διαμέτρου 7,80 μ., μπορεί να αποδοθεί κυρίως στις γεωμετρικές μελέτες και τις απαιτήσεις της μηχανικής παραγωγής. Το Futuro φέρει ένα λεπτό κυκλικό δαχτυλίδι χάλυβα που υποστηρίζεται από τέσσερα χαλύβδινα άκρα. Το πλαστικό κέλυφος αποτελείται από πλαστικά ενισχυμένα με ίνες γυαλιού στοιχεία «σάντουιτς» που έχουν εσωτερικά αφρό πολυουρεθάνης (PUR), στοιχεία που μειώνουν το βάρος της κατασκευής και παρέχουν επαρκή θερμομόνωση. Αποτελείται από οκτώ πάνω και οκτώ κάτω μεμονωμένα στοιχεία, τα οποία είναι όλα πανομοιότυπα ώστε να μπορούν να παράγονται οικονομικά. Αυτό το κέλυφος, είναι σε θέση να αντέχει και να διαμοιράζει φορτία, λόγω της δομής του κελύφους και της καμπτικής αντοχής του. Αυτή η κατασκευή θα μπορούσε να εξυπηρετήσει πολλές διαφορετικές λειτουργίες και, έτσι, αναπτύχθηκε και διατέθηκε στο εμπόριο μια σειρά εσωτερικών διατάξεων και επίπλων για διαφορετικές χρήσεις. Το Futuro είναι ένα από τα λίγα πλαστικά σπίτια που έχουν παραχθεί σε σειρές και θεωρείται ορόσημο στην ιστορία της πλαστικής αρχιτεκτονικής, αλλά δεν πωλούσε όπως είχε προβλεφθεί. Υπολογίζεται ότι έχουν κατασκευαστεί συνολικά περίπου 60 Futuros. Παρά όλα αυτά, αντιπροσωπεύει μια πειραματική προσπάθεια να εισαχθεί στις συμβατικές έννοιες στέγασης και να αναπτύξει μια νέα μορφή κατάλληλη για ένα νέο υλικό. (120)

9.33
Futuro



9.34
Εσωτερική
αίσθηση

9.35 Λεπτομέρειες κελύφους

(120) Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010, σελ. 152

One Square Metre House, 2003

Το One Square Metre House του Didier Fiuza Faustino, φτάνει το συνολικό ύψος των 17 μέτρων (5-6 όροφοι) με την τοποθέτηση ενός πάνω στο άλλο τυποποιημένων ημιδιαφανών κελυφών από κυτταρική και εποξική ρητίνη, συνδεδεμένων με μία μεταλλική σκάλα. Αποτελεί μια απάντηση στον αστικό υπερπληθυσμό και στον σύγχρονο τρόπο ζωής μας. Είναι ένας «μίνι εφιάλτης» καθώς και ένα όραμα του νεο-Μεταβολισμού της κατοικίας του μέλλοντος. (121)



9.36
One Square
Metre House

9.37
Λεπτομέρεια
όψης

(121) http://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/faustino-didier-za/one-square-metre-house-317.html?authID=70&ensembleID=160,6 0εβ. 2020

10

ΠΗΓΕΣ

10.1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μπαμπινιώτης, Γεώργιος, Δ., *Λεξικό της νέας ελληνικής γλώσσας*, 2^η έκδοση, εκδ. Κέντρο Λεξιλογίας ΕΠΕ, Αθήνα, 2002
2. Μπούρας, Χαράλαμπος, Φιλίππιδης, Δημήτρης, *Αρχιτεκτονική: αισθητική, αστικός σχεδιασμός, βιογραφικά σημειώματα, γεωγραφία, εξαρτήματα-εργαλεία, ιστορία και θεωρία, μηχανικός εξοπλισμός, μνημεία-σημαντικά κτίσματα, νομοθεσία, νηζάιν-έπιπλο, οικοδομική-δομικά υλικά, οικολογία, παραδοσιακοί όροι, περιβάλλον, πολεοδομία, συγκοινωνιακά έργα, χωροταξία, ψηφιακή τεχνολογία*, εκδ. Μέλισσα, Αθήνα, 2013
3. Παπανικολάου, Γιώργος, Μουζάκης, Διονύσης, *Σύνθετα Υλικά*, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2007

ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Berge, Bjørn, *The ecology of building materials*, 2nd edition, εκδ. Architectural Press Elsevier Science Ltd., Oxford, 2009
2. Brayer, Marie-Ange, Migayrou, Frederic, Nanjo, Fumio, *ArchiLab's urban experiments: radical architecture, art and the city*, εκδ. Thames & Hudson/Mori Art Museum, London, 2005
3. Brydson, J. A., *Plastics Materials*, 6th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995
4. Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010
5. Gans, Deborah, Kuz, Zehra, *The organic approach to architecture*, εκδ. Wiley-Academy Hoboken, Chichester, England, 2003
6. Chukwudi, Ifeanyi, Khafizova, Almira, *Plastics As Contemporary Material In Architecture For Health And Sustainable Construction*, International Journal of Engineering Technologies and Management Research, 2018
7. *DETAIL: Zeitschrift für Architektur & Baudetail, Plastics*, Munich, 2008, τχ. 5

8. Kasapoğlu, Esin, *Polymer-based Building Materials: Effects of Quality on Durability*, International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Turkey, 2008
9. Lyons, Arthur, *Materials For Architects And Builders*, 4th edition, εκδ. Butterworth-Heinemann, Hong Kong, China, 2010
10. McDonough, William, Braungart, Michael, *Cradle to Cradle: remaking the way we make things*, εκδ. North Point Press, China, 2002
11. Rashid, Hani, Couture, Lisa, Anne, *Asymptote: Flux*, εκδ. Phaidon Press Limited, China, 2002

10.2. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. www.arch2o.com
2. www.archdaily.com
3. www.architectmagazine.com
4. www.arup.com
5. www.britannica.com - Encyclopædia Britannica
6. www.curbellplastics.com
7. www.detail-online.com
8. www.dezeen.com
9. www.edenproject.com
10. www.frac-centre.fr
11. www.itke.uni-stuttgart.de
12. www.kkaa.co.jp
13. www.miniwiz.com

10.3. ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ. 2.1 <https://plastics.com/fyi-properties-fiber-reinforced-plastic-frp/>

Εικ. 2.2 <https://www.archilovers.com/projects/133253/plastic-materials-industry-dott-gallina.html#images>

Εικ. 2.3 <https://www.gettyimages.co.uk/detail/news-photo/photo-of-a-geodesic-dome-which-was-invented-by-r-news-photo/515298530>

Εικ. 2.4 <https://alchetron.com/Ionel-Schein#->

Εικ. 2.5 <https://futurodiary.tumblr.com/post/64384244528/monsantos-1957-house-of-the-future-alison>

Εικ. 2.6 <https://www.artforum.com/news/m-acquires-archive-of-experimental-architecture-collective-archigram-78547>

Εικ. 2.7 https://adfilmfest.com/site/films_tulsa2017/7927

Εικ. 2.8 https://kep-ter.blog.hu/2016/08/20/rondo_muanyag_haz_1970-bol_a_casoni_casoni-tol

Εικ. 2.9 <https://www.recoursexploration.com/portfolio/jean-maneval-bullesixcoques/>

Εικ. 2.10 <https://notrehistoire.ch/entries/P1bBkz7xY3E>

Εικ. 2.11 Engelsmann, Stephan, Spalding, Valerie, Peters, Stefan, *Plastics: In Architecture and Construction*, εκδ. Walter de Gruyter GmbH, 2010, σελ. 14

Εικ. 3.1 <https://unamaquinalectoradecontexto.wordpress.com/2011/08/27/nox-lars-spuybroek-2/>

Εικ. 3.2 <https://docplayer.net/84088356-Daylight-architecture.html>

Εικ. 4.1 <https://www.tensys.com/inland-revenue-centre>

Εικ. 4.2 <https://epicgaming.xyz/residential-development-site-c-6-acres-243-ha/>

Εικ. 4.3 <https://www.tensys.com/inland-revenue-centre>

Εικ. 4.4 <https://www.agcce.com/envira/architectural-projects/>

Εικ. 4.5 <https://www.deviantart.com/lightkast/art/Burj-Al-Arab-244708715>

Εικ. 4.6 <https://www.agcce.com/envira/lumiflon/>

Εικ. 4.7 https://en.wikipedia.org/wiki/File:Eden_Project_geodesic_domes_panorama.jpg

Εικ. 4.8 <https://www.srm.com/projects/eden-project/>

Εικ. 4.9 <https://divisare.com/projects/275740-grimshaw-architects-the-eden-project>

Εικ. 4.10 <https://sublimechina.com/attraction/water-cube/>

Εικ. 4.11 <https://www.architectsjournal.co.uk/the-new-mathematics-of-architecture/8606740.fullarticle>

Εικ. 4.12 <https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/national-aquatics-center-beijing-china-the-water-cube-ptw-news-photo/154504627>

Εικ. 4.13, 4.14 <https://www.archdaily.com.br/br/01-99045/pavilhao-flutuante-auto-sustentavel-em-rijnhaven-roterda>

Εικ. 4.15 <https://publicdelivery.org/selgascano-pavilion/>

Εικ. 4.16 <http://www.chase-brock.com/serpentine-pavilion>

Εικ. 4.17 <https://boty.archdaily.com/us/2020/candidates/124916/plasencia-auditorium-and-congress-center-slash-selgascano>

Εικ. 4.18 <https://businessmadame.wordpress.com/2015/07/08/summer-art-review-selgascano-at-the-serpentine-gallery-doug-aitken-at-the-schirn-kunsthalle-frankfurt-viviane-sassen-alex-prager/>

Εικ. 4.19 https://www.architectmagazine.com/project-gallery/plasencia-auditorium-and-congress-centre_o

Εικ. 4.20 <https://www.archdaily.com/909537/shortlisted-projects-announced-for-the-eu-mies-award-2019/5c3f6177284dd125fd00021f-shortlisted-projects-announced-for-the-eu-mies-award-2019-photo>

Εικ. 4.21, 4.22 <https://www.itsliquid.com/aqua-scape.html>

Εικ. 4.23 http://www.f-a-r.net/projects/en_projects/004_wall-house/

Εικ. 4.24, 4.25 <https://www.archdaily.com/71/wall-house-far-frohnrojas>

Εικ. 4.26, 4.27 <https://www.archdaily.com/340374/icditke-research-pavilion-university-of-stuttgart-faculty-of-architecture-and-urban-planning>

Εικ. 4.28 <https://vimeo.com/212074407>

Εικ. 4.29 <https://archinect.com/news/article/150003549/the-icd-itke-pavilion-makes-use-of-lightweight-super-strong-glass-and-carbon-fiber-materials>

Εικ. 4.30 - 4.34 <https://inspiration.detail.de/technology-renewal-of-the-suspended-ceiling-at-the-olympic-swimming-facility-in-munich-112847.html?lang=en>

Εικ. 4.35-4.37 <https://inspiration.detail.de/flagship-store-and-headquarters-in-london-103340.html?lang=en>

Eικ. 4.38 <https://www.archilovers.com/projects/58439/selgascano-office.html>

Eικ. 4.39 <https://www.nytimes.com/slideshow/2016/04/27/t-magazine/the-creative-workplace/s/Creative-workplace-slide-EBQ0.html?action=click>

Eικ. 4.40 https://www.archweb.it/dwg/arch_arredi_famosi/Kengo_Kuma/Plastic_House/Plastic_house_photos.htm

Eικ. 4.41 <https://www.austria-architects.com/es/projects/view/plastic-house>

Eικ. 4.42 <https://architizer.com/projects/the-amazing-whale-jaw/>

Eικ. 4.43 <https://nio.nl/2015/05/>

Eικ. 4.44-4.46 <https://inspiration.detail.de/entrance-pavilion-in-basel-103338.html?lang=en>

Eικ. 4.47-4.49 <https://www.zaha-hadid.com/architecture/chanel-art-pavilion/>

Eικ. 4.50, 4.52 <https://snohetta.com/projects/16-sfmoma-expansion>

Eικ. 4.51 <https://habitathorticulture.com/projects/sfmoma>

Eικ. 5.1 <http://en.cintitec.com/gestao-de-residuos>

Eικ. 5.2 <https://bwi-1.com/Recycled-Plastic-Lumber>

Eικ. 5.3 <https://yundingwpc.en.made-in-china.com/product/YSTQNfdrgkpe/China-Bio-Fiber-Light-Weight-Automobile-Engineering-Plastic-PP-Pellets-Long-Fiber-Reinforced.html>

Eικ. 6.1 <http://www.arquitour.com/ampliacion-restaurant-marisol-vaillo-irigaray-galar/2009/05/restmarisol-7/>

Eικ. 6.2 <https://architizer.com/projects/lounge-ms/>

Eικ. 6.3 <http://www.arquitour.com/ampliacion-restaurant-marisol-vaillo-irigaray-galar/2009/05/restmarisol-7/>

Eικ. 6.4, 6.5 <https://www.archilovers.com/projects/149775/alvega-canoeing-center.html>

Eικ. 6.6 <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/>

Eικ. 6.7 <http://www.miniwiz.com/>

Eικ. 6.8 <https://www.archiexpo.es/prod/miniwiz-sed-co-ltd/product-64621-1814505.html>

Eικ. 6.9 <https://www.re-thinkingthefuture.com/fresh-perspectives/a483-unconventional-use-of-plastic-in-architecture-construction/>

Eικ. 6.10 - 6.12 <https://www.archdaily.com/449212/nyit-students-turn-plastic-bottles-into-disaster-relief>

Eικ. 6.13, 6.14 <https://www.archdaily.com/415655/head-in-the-clouds-pavilion-opens-in-nyc>

Eικ. 6.15 - 6.17 <https://www.archdaily.com/870029/from-recycled-plastic-waste-to-building-material>

Eικ. 6.18, 6.19 <https://www.archdaily.com/790591/bima-microlibrary-shau-bandung>

Eικ. 6.20 <http://new.rushi.net/Home/Works/mobilework/id/51391.html>

Eικ. 6.21-6.23 https://www.archdaily.com/802822/protiro-nowa?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects

Eικ. 6.24-6.26 <https://www.archdaily.com/881513/1500-semi-transparent-baskets-to-build-a-lightweight-facade>

Eικ. 6.27-6.29 <https://www.bureausla.nl/project/peoples-pavilion/?lang=en>

Eικ. 6.30-6.32 <https://www.archdaily.com/900987/waste-side-story-pavilion-cloud-floor>

Eικ. 6.33-6.35 <https://urbannext.net/arboskin-bioplastic-facade/>

Eικ. 9.1 <https://megaestructuras.tumblr.com/post/182784016662>

Eικ. 9.2 <http://www.frac-centre.fr/collection-art-architecture/hausermann-pascal/domobiles-64.html?authID=87&ensembleID=245>

Eικ. 9.3, 9.4 <http://www.frac-centre.fr/collection-art-architecture/chaneac/cellules-polyvalentes-64.html?authID=37&ensembleID=94>

Eικ. 9.5-9.7 http://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/haus-rucker/pneumacosc-317.html?authID=86&ensembleID=193

Eικ. 9.8, 9.10 <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/villa-rosa>

Eικ. 9.9 <https://studioarewethereyet.wordpress.com/2016/03/22/precedent-villa-rosa-coop-himmelblau-1968/>

Eικ. 9.11, 9.12 http://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/decoi/glass-vessel-317.html?authID=55&ensembleID=137

Eικ. 9.13-9.15 <https://www.asymptote.net/fluxspace-venice-slideshow>

Eικ. 9.16-9.18 <https://kierantimberlake.com/page/smartwrap>

Eικ. 9.19 <https://archello.com/project/the-kitchen-monument>

Eικ. 9.20 <https://raumlabor.net/kuchenmonument-2/>

Eικ. 9.21 <https://www.tensinet.com/index.php/about/members-of-tensinet?view=project&id=4389>

Eικ. 9.22, 9.23 <https://archello.com/project/drivhus>

Eικ. 9.24–9.26 <https://inspiration.detail.de/operations-building-in-frutigen-103339.html?lang=en>

Eικ. 9.27–9.29 <https://inspiration.detail.de/exhibition-building-in-busan-103337.html?lang=en>

Eικ. 9.30 <http://astudejaoublie.blogspot.com/2013/05/cabine-hoteliere-mobile-schein-magnant.html>

Eικ. 9.31, 9.32 http://www.frac-centre.fr/_en/art-and-architecture-collection/schein-ionel/cabine-hoteliere-mobile-317.html?authID=171&ensembleID=558

Eικ. 9.33–9.35 <https://divisare.com/projects/330728-craig-barnes-matti-suuronen-gili-merin-futuro-house>

Eικ. 9.36, 9.37 <https://didierfaustino.com/One-square-meter-house>

