



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΣΤΕΡΓΙΟΥ

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ-ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας, κα Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου, Επίκουρο Καθηγήτρια ΕΜΠ, για τη καθοδήγηση, τη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές της καθώς και τον απεριόριστο χρόνο που αφιέρωσε σε κάθε στάδιο δημιουργίας της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες στο κο Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή ΕΜΠ καθώς και στη κα Ευφροσύνη Τριάντη, Λέκτορα Πολυτεχνείου Πάτρας, για τις εύστοχες παρατηρήσεις και συζητήσεις που συνέβαλαν τα μέγιστα για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Θεωρώ ύψιστη τιμή και υποχρεωσή μου να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου τους γονείς μου, Γλυκερία και Δημήτριο, για την αδιάκοπη υποστηριξή και αγάπη τους καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου και στην εκπόνηση της εργασίας αυτής . Επίσης, ευχαριστώ τις αδερφές μου, Μαρία και Ευαγγελία, για την συμπαράσταση και ενθάρυνσή τους σε όλο τον κύκλο σπουδών. Καθώς και όλους τους συγγενείς και φίλους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κοπέλα μου Έλενα για την υπομονή και τη βοήθεια που μου προσέφερε στη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μερικές από τις δυνατότητες των έξυπνων δομικών υλικών της εποχής των υπολογιστών καθώς επίσης και σχετικές τεχνικές θα παρουσιαστούν στην παρούσα διπλωματική εργασία· επίσης θα παρουσιαστούν οι επιπτώσεις αυτών των υλικών στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Είναι γνωστές πλέον, οι απίστευτες δυνατότητες των υπολογιστών ως μέσον σχεδιασμού και παραγωγής δομικών υλικών, δομημένου περιβάλλοντος όπως και ως ισχυρών εργαλείων πρόβλεψης και έρευνας αποφυγής περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι θα παρουσιάσουν επιλεκτικά κάποια καινοτόμα δομικά υλικά και τεχνικές της ψηφιακής τεχνολογίας, καθώς επίσης να συζητηθούν οι ιδιότητες τους και οι πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον. Τέλος, θα γίνει αναφορά σε μεθόδους και πολιτικές αυτών των υλικών που αφορούν την υγεία και το περιβάλλον. Οι ως άνω διερεύνηση έχει τελικό σκοπό την υιοθέτηση τέτοιων δομικών υλικών από τη σύγχρονη αρχιτεκτονική επ' ωφελεία της κοινωνίας.

ABSTRACT

Some of the smart capabilities of computer-based innovative building materials and relevant techniques have been illustrated in this thesis, together with associated ecological fails and hazards. They are now known the incredible possibilities of computers as structural design and fabricating tools, as well as powerful predicting tools and further research which avoid environmental impacts. The aim of this thesis is to selectively present some innovative building materials and relevant techniques of digital technology and furthermore to discuss the properties and the potential hazards of the environment. Available methods (preventive measures) and policies will be discussed, considering the completion and introduction of these building materials in modern architecture and productive structural processes in order to achieve an optimal design in a clean, non-toxic and sustainable environment.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελ.
ΕΞΩΦΥΛΛΟ	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΕΠΑΝΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ	7
3. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	8
3.1 ΧΡΗΣΗ ΝΑΝΟΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	9
3.1.1 ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΕΣ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	9
3.1.2 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ- ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΚΟΝΙΑΜΑ	10
3.1.3 ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ	11
3.1.4 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ Ή ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	11
3.1.5 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	11
3.1.6 ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	11
3.1.7 ΗΛΕΚΤΡΟΧΡΩΜΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	12
3.1.8 ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΞΥΛΟ	13
3.1.9 ΒΑΦΕΣ-ΜΠΟΓΙΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΤΙΤΑΝΙΟΥ	15
3.2 ΧΡΗΣΗ ΝΑΝΟΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	18
3.2.1 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ TX-ACTIVE	18
3.2.2 ΝΑΝΟΧΑΛΥΒΑΣ MMFX2	20
3.2.3 ΥΓΡΟΣ ΓΡΑΝΙΤΗΣ	21

3.2.4 ΥΛΙΚΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ (ΥΑΦ)-(PCM)	23
3.3 ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΕΛΑΦΡΙΑ ΣΟΥΠΕΡ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	26
3.3.1 ΑΕΡΟΤΖΕΛ	28
3.3.2 ΓΡΑΦΕΝΙΟ	30
3.3.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΓΡΑΦΕΝΙΟΥ	31
3.4 ΠΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ	32
3.5 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	34
4. ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΤΙΡΙΩΝ - (3-D PRINTERS, LEISER CUTTING, CNC MILLING)	38
4.1 LEISER CUTTING-CNC MILLING	42
4.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ- ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ	44
5. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ, ΜΕΣΩ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	46
5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΥ	50
5.1.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΑΤΑΛΟΝΙΑΣ	50
5.1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ B-PATH	51
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	53
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ Της ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΑΝΑΚΟΙΝΩΘΗΚΕ ΣΤΟ ΚΑΤΩΘΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. ΜΕΘΟΔΟΣ B-PATH . ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΑΝΤΙ- ΚΤΥΠΟΥ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ	86

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη ανάπτυξη στην επιστήμη και την τεχνολογία (χημεία, τεχνολογία υλικών κτλ) συνδυαζόμενη με την ταυτόχρονη εξέλιξη στη ψηφιακή τεχνολογία και βιομηχανική παραγωγή, έχει επιτυχώς τροφοδοτήσει το σύγχρονο σχεδιαστή με ένα ευρύ φάσμα καινοτόμων υλικών. Τα υλικά αυτά είναι συνήθως αποτέλεσμα εργαστηριακών τεστ, με εφαρμογές σε συγκεκριμένους επιστημονικούς κλάδους. Επιπλέον πολλά από αυτά τα υλικά έχουν επιπρόσθετες ιδιότητες ικανά να επιλύσουν περίπλοκα προβλήματα στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Αυτά τα υλικά έχουν εφαρμοστεί μέχρι στιγμής σε πιλοτικές έρευνες και έργα επιδεικνύοντας συχνά εντυπωσιακά αποτελέσματα.

Συγκριτικά με τις έξυπνες ιδιότητες τους, αυτά τα καινοτόμα δομικά υλικά της ψηφιακής εποχής, αποτελούν προς το παρόν αντικείμενο εξερεύνησης, μελέτης και κατανόησης όσο αφορά τον περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο τόσο στην υγεία των ανθρώπων όσο και στο περιβάλλον χώρο. Οι παγκόσμιες επιπτώσεις τέτοιων υλικών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους και πέρα από αυτό, παραμένουν ακόμα ασαφείς.

Στη σύγχρονη εποχή πλέον, δε μπορεί να αμφισβητηθεί η ανάγκη για εκπαίδευση των μηχανικών και των αρχιτεκτόνων όσο αφορά την σύλληψη, την πλήρη κατασκευή, καθώς και την μετέπειτα παρακολούθηση και ζωή των κατασκευών. Η εκπαίδευση οφείλει να βασιστεί σε κατάλληλα προγράμματα σπουδών, όπως επίσης στην υιοθέτηση προστατευτικών μέτρων, προτύπων και κριτηρίων.

2. ΕΠΑΝΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Τα καινοτόμα δομικά υλικά της ψηφιακής εποχής είναι συνδεδεμένα με τους υπολογιστές με διάφορους τρόπους, μερικοί από τους οποίους παρουσιάζονται παρακάτω.

Ένας τρόπος αφορά τα νέα δομικά υλικά που δημιουργούνται μέσω ψηφιακών διαδικασιών όπως η νανοτεχνολογία. Ένας άλλος τρόπος αναφέρεται στη συνεισφορά των υπολογιστών με σκοπό την βελτιστοποίηση της χρήσης των υλικών αυτών στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και παραγωγή. Τέλος, η ψηφιακή τεχνολογία έχει εισάγει απίστευτες διαδικασίες αυτοματισμού σε πραγματικό χρόνο στη παραγωγή κτιρίων. Ένα παραδείγμα είναι ο τρισδιάστατος εκτυπωτής, ο οποίος ξεκίνα με πρώτη ύλη και καταλήγει σε σύντομο χρονικό διάστημα σε κατασκευάσιμα τμήματα κτιρίου ή και σε ολόκληρο το κτίριο. Όλα τα παραπάνω θα αναλυθούν και θα συζητηθούν εκτενώς στη συνέχεια της διπλωματικής εργασίας.

3. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μία κυρίαρχη τάση προς αυτή την κατεύθυνση αφορά εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στη δημιουργία νέων υλικών. Η νανοτεχνολογία είναι το αποτέλεσμα της επιστήμης και της τεχνολογίας, η οποία εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες της ύλης, που προέρχεται από την απίστευτη διαίρεση των υλικών σε τάξεις μεγέθους 10^{-9} μέτρα. Ως νανοτεχνολογία ορίζεται η επιστήμη και η τεχνολογία που αφορά την κατανόηση και τη διαχείριση της ύλης όταν αυτή βρίσκεται σε διαστάσεις μεταξύ 1 και 100 νανομέτρων (το νανόμετρο είναι το ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου). Για να γίνει αντιληπτό σε πόσο μικρή κλίμακα μεγεθών αναφερόμαστε, αρκεί να σημειωθεί πως η ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο ίση με 80.000 νανόμετρα περίπου. Στα πλαίσια της νανοτεχνολογίας περιλαμβάνονται, πέρα από τη διερεύνηση της ύλης, η έρευνα και η ανάπτυξη νέων υλικών, διατάξεων και συστημάτων με καινοτόμες ιδιότητες και λειτουργίες που οφείλονται ακριβώς στις νανοδιαστάσεις των συστατικών τους. Στην κλίμακα των νανομέτρων τα υλικά παρουσιάζουν φυσική, χημική και βιολογική συμπεριφορά εντελώς διαφορετική από τη συμπεριφορά που παρουσιάζουν τα ίδια υλικά τόσο σε μεγαλύτερες διαστάσεις όσο και σε ατομική ή μοριακή κλίμακα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως νανοσωματίδια θα αποκαλούμε σωματίδια νανοδιαστάσεων που παρασκευάζονται σκόπιμα, με συγκεκριμένες ιδιότητες, με σκοπό τη μελέτη τους ή τη χρήση τους σε κάποια εφαρμογή. Σωματίδια στην κλίμακα των νανομέτρων προκύπτουν επίσης τυχαία, στην ατμόσφαιρα συνήθως, ως παραπροϊόν διαφόρων διεργασιών, όπως ανάφλεξη υλικών, σφυρηλάτηση, παρασκευή αερογελών, ηφαιστειακή δραστηριότητα. Επίσης, στην κλίμακα των νανομέτρων ανήκουν διάφορα βιολογικά συστήματα. Η νανοτεχνολογία δεν συμπεριλαμβάνει καμία από αυτές τις δύο περιπτώσεις. Αναφέρεται μόνο στα νανοσωματίδια που σχεδιάζονται και παρασκευάζονται σκόπιμα με συγκεκριμένο μέγεθος, σχήμα, επιφανειακές ιδιότητες και χημική σύνθεση, και στη συνέχεια ενσωματώνονται σε κάποιο αέριο, κolloειδές διάλυμα ή σκόνη, με καθορισμένες ιδιότητες που οφείλονται ακριβώς στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των νανοσωματιδίων, και οι οποίες θα μεταβληθούν αν μεταβληθούν και αυτά.

Τα νανοσωματίδια λοιπόν εμφανίζουν ιδιότητες μοναδικές και πρωτοφανείς, που οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, δηλαδή στο μέγεθος και στο σχήμα τους και που θα ήταν διαφορετικές αν το σωματίδιο είχε μεγαλύτερες διαστάσεις. Τον βασικότερο λόγο για τη διαφορετική συμπεριφορά των υλικών στις νανοδιαστάσεις αποτελεί το γεγονός πως σε αυτήν την περίπτωση διαθέτουν πολύ μεγάλο λόγο επιφάνειας προς μάζα. Καθώς δηλαδή τα σωματίδια σμικρύνονται, μειώνεται σημαντικά η μάζα τους ενώ αυξάνεται αναλογικά η επιφάνειά τους. Υπερτερούν έτσι σημαντικά οι επιφανειακές ιδιότητες έναντι των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της κυρίως μάζας του υλικού αυτού. Ως αποτέλεσμα, παρουσιάζονται νέες ιδιότητες ή ενισχύονται σημαντικά ήδη υπάρχουσες, όπως η σκληρότητα, η αντοχή, η ελαστικότητα, η διάρκεια ζωής, που καθιστούν τα νανοσωματίδια απαραίτητα σε πρωτοποριακές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της επιστήμης αλλά και της καθημερινής ζωής, με τα πρώτα προϊόντα να έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους[1]. Η νανοτεχνολογία προσφέρει

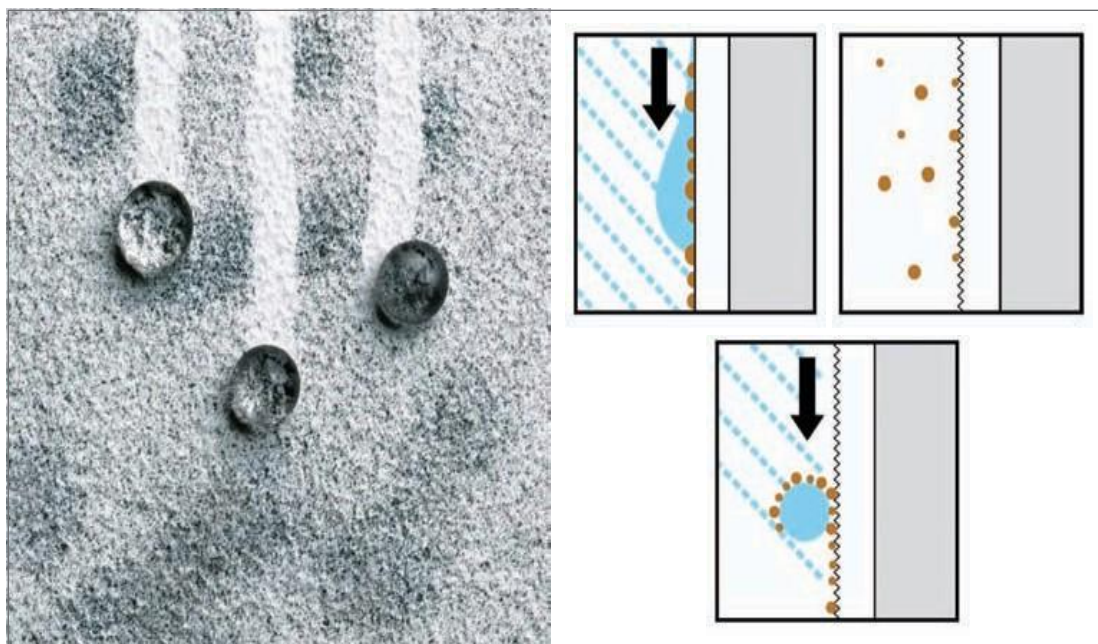
στην αρχιτεκτονική νέα υλικά τα οποία είναι πιο αποδοτικά συγκριτικά με τα συμβατικά δομικά υλικά και τα οποία είναι ικανά να επιλύσουν δυσκολίες στην κατασκευή, σε θέματα ενέργειας κτλ.

3.1 Χρήση νανοϋλικών σε προσόψεις κτιρίων

Τα υλικά νανοτεχνολογίας ενσωματώνονται συνήθως σε πολύ λεπτές, διαφανείς ή έγχρωμες επιστρώσεις και παρουσιάζουν ποικιλία εφαρμογών στα σύγχρονα κτίρια.

3.1.1 Φωτοκαταλυτικές αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες

Μπορούν να εφαρμοστούν στα περισσότερα υλικά, όπως μέταλλα, γυαλί και πλαστικό. Κατά την εκθεσή τους στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία δημιουργείται το φαινόμενο της φωτοκατάλυσης, δηλαδή ενεργοποιούνται οι χημικές διεργασίες, οι οποίες διασπών τις οργανικές ή ανόργανες ουσίες, που επικάθονται στην εκάστοτε επιφάνεια. Η διάσπαση των σωματιδίων σε μικρότερα μόρια διευκολύνει την απομάκρυνση τους από το νερό της βροχής. Επίσης, παρουσιάζουν αντιστατικές ιδιότητες που διευκολύνουν τον καθαρισμό πλαστικών ή βερνικομένων επιφανειών. Οι φωτοκαταλυτικές επιστρώσεις αποτελούν ιδανική επιλογή για τις όψεις των κτιρίων αλλά και τις εσωτερικές επιφάνειες, λόγω προστασίας από τη σκόνη, τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, την ομίχλη και τις οσμές.[2]



Εικ. 1 Στην επιφάνεια των φωτοκαταλυτικών αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών οι ρύποι διασπώνται σε μικρότερα σωματίδια και απομακρύνονται με το νερό της βροχής.[3]

3.1.2 Εξωτερικές αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες – Ελληνικό φωτοκαταλυτικές επιφάνειες

Ο καθαρισμός εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων αποτελεί διεργασία απαραίτητη για την προστασία των εγκαταστάσεων και του προσωπικού, ωστόσο είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και δαπανηρή από άποψη κατανάλωσης ενέργειας και υλικών καθαρισμού. Τα αυτοκαθαριζόμενα δομικά υλικά μειώνουν το κόστος και τις εργατοώρες με τις μηχανικές απαιτήσεις καθαρισμού τους. Τα υπερυδρόφοβα υλικά αυτοκαθαρίζονται δια μέσου της δημιουργίας σταγονιδίων που ξεπλένουν την επιφάνεια τους και τα υπερυδρόφιλα διά μέσου της δημιουργίας λεπτών φύλλων νερού που δεν επιτρέπουν την συσσώρευση ρύπων. Οι ικανότητες αυτοκαθαρισμού οφείλονται στη διεργασία της φωτοκατάλυσης και κατ'επέκταση στις φωτοκαταλυτικές ιδιότητες τους. Το πιο ευρέως διαδεδομένο φωτοκαταλυτικό υλικό είναι το διοξείδιο του τιτανίου, ένα φωτόνιο συγκεκριμένης ενέργειας. Αυτά τα υλικά έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνουν τους ρύπους, χωρίς να απαιτείται προσπάθεια από το χρήστη, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν θετικά για την προστασία του περιβάλλοντος και την απολύμανση των χώρων χάρη στις φωτοκαταλυτικές τους ιδιότητες.[4]

Πρόσφατα αποτελέσματα από εργαστηριακά πειράματα στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Ε.Μ.Π) σε συνεργασία με το Εθνικό Κέντρο για Πυρηνική Έρευνα 'Δημόκριτος', έχουν αποδείξει ότι το κοινό κονίαμα μπορεί να επιφέρει ικανοποιητικές αυτοκαθαριζόμενες ιδιότητες, εάν αντικατασταθεί το κοινό κονίαμα με φωτοκαταλυτικό κονίαμα σε ποσοστό λιγότερο του 10 %. Αυτό το φωτοκαταλυτικό κονίαμα είναι ένα νανουλικό βασισμένο στο διοξείδιο του τιτανίου. Τέτοιου είδους κονιάματα είναι προφανώς ικανά βελτιστοποιήσουν το κόστος καθαρισμού των εξωτερικών προσόψεων των κτιρίων, χωρίς επιπλέον αρχικό κόστος.[5]

Εργαστηριακώς έχει πραγματοποιηθεί με επιτυχία ο σχεδιασμός και η σύνθεση καινοτόμων φωτοκαταλυτικών νανουλικών, τα οποία ενεργοποιούνται με την χρήση ορατής ακτινοβολίας (εσωτερικού φωτισμού). Επίσης, αναπτύσσονται στο εργαστήριο και έχουν εφαρμογή τόσο σε επιστρώσεις επιφανειών σκυροδέματος και επιχρισμάτων (τοίχοι, δάπεδα) όσο και σε επιστρώσεις εξωτερικών χώρων (πεζοδρομίων, περιβάλλοντος χώρου κτιρίων, χώρων στάθμευσης) και αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και της υγιεινής των εσωτερικών χώρων, τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και τη βελτίωση των συνθηκών αστικού περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, το καινοτόμο φωτοκαταλυτικό στερεό σε μορφή σκόνης ενεργοποιείται παρουσία ορατής ακτινοβολίας. Η καινοτομία του φωτοκαταλυτικού αυτού υλικού έγκειται στο ότι συμβάλλει στην αποδόμηση ρύπων εσωτερικών χώρων με τη χρήση ορατής ακτινοβολίας σε αντιδιαστολή με υπάρχοντα προϊόντα στο εμπόριο που λειτουργούν με την χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Το φωτοκαταλυτικό υλικό είναι κατάλληλο για την αποδόμηση τόσο ανόργανων ρύπων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του αζώτου (NO_x), όσο και πτητικών οργανικών ρύπων (Volatile Organic Compounds, VOCs), όπως αλδεΐδες (φορμαλδεΐδη, ακεταλδεΐδη), βενζόλιο, τολουόλιο κλπ, με τη χρήση ορατής ακτινοβολίας (εσωτερικού φωτισμού).[6]

Ωστόσο όμως, συγκριτικά με τις ‘έξυπνες’ ιδιοότητες του διοξειδίου του τιτανίου πρόσφατα βρέθηκε να είναι τοξικό και επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

3.1.3 Προστατευτικές επιστρώσεις

Παρασκευάζονται από οργανικά τροποποιημένα οξείδια του πυριτίου και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές σε αμύχες και στη διάβρωση λόγω παλαίωσης. Είναι διαφανείς και εφαρμόζονται συνήθως σε επιφάνειες από ανοξείδωτο χάλυβα, παρέχοντας προστασία από δαχτυλιές.[7]

3.1.4 Επιστρώσεις με υψηλή ανακλαστικότητα ή απορροφητικότητα

Οι ανακλαστικές επιστρώσεις εφαρμόζονται συνήθως στα κάτοπτρα των φωτιστικών σωμάτων ή των συστημάτων ελέγχου του ηλιακού φωτός, επιτυγχάνοντας αύξηση 10-20% της φωτεινότητας. Ανάλογα, οι απορροφητικές επιστρώσεις βρίσκουν εφαρμογή στα φωτοβολταϊκά πετάσματα, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα έως 5%. [8]

3.1.5 Επιστρώσεις θερμικής προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία

Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη η χρήση τους σε γυάλινες προσόψεις κτιρίων. Τα πιο προσφιλή υλικά αυτής της κατηγορίας είναι οι υμένες που διαφοροποιούν το βαθμό διαφάνειας του υαλοπίνακα. Αποτελούνται από ιοντική επίστρωση ελαφρώς αγώγιμη, οπότε η ρύθμιση της διαφάνειας γίνεται μέσω διακόπτη. Η τεχνολογία αναπτύσσεται προς αυτή τη κατεύθυνση των υλικών με θερμοτροπικές ιδιότητες, τα οποία αντιδρούν αυτόματα, όταν η θερμοκρασία υπερβεί ένα προκαθορισμένο όριο.[9]

3.1.6 Αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες

Οι αυτοκαθαριζόμενοι υαλοπίνακες οφείλουν την ιδιότητα τους στην επικάλυψη διοξειδίου του τιτανίου, που φέρουν στην εξωτερική τους επιφάνεια. Λόγω του γεγονότος ότι το διοξείδιο του τιτανίου έχει τη μορφή λευκής σκόνης, χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια πάχους 15 δισεκατομμυριστών του μέτρου έτσι, ώστε να παραμείνει διαφανής η επιφάνεια του γυαλιού. Τα νανοσωματίδια αυτά απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, προκαλώντας διέγερση των ηλεκτρονίων τους. Μέσω καταλυτικών αντιδράσεων μπορούν να διασπών τα μικροσωματίδια των ρύπων. Λόγω των υδροφιλικών ιδιοτήτων του διοξειδίου του τιτανίου, το νερό της βροχής απλώνεται σε όλη την επιφάνεια απομακρύνοντας γρήγορα τους ρύπους.[10]



Εικ. 2. Ο αυτοκαθαριζόμενος υαλοπίνακας με επικάλυψη διοξειδίου του τιτανίου[11]

3.1.7 Ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες

Η νανοτεχνολογία αναπτύσσει τέσσερις στρατηγικές για να εμποδίσει το φως και τη θερμότητα και να ελέγξει το ηλιακό φως και την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου. Εφαρμόζει επιστρώσεις λεπτών ταινιών στην επιφάνεια του υαλοπίνακα, τα οποία λειτουργούν ως φίλτρα και δεν αφήνουν την υπέρυθη ακτινοβολία να τον διαπεράσει. Μελετώνται οι θερμοχρωμικές τεχνολογίες που μεταβάλλουν τις οπτικές ιδιότητες του υαλοπίνακα ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να παρέχουν θερμική μόνωση στις υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, φωτοχρωμικές τεχνολογίες μεταβάλλουν τις οπτικές ιδιότητες ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοδιαπερατότητά τους μειώνεται με την αύξηση της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας. Αναπτύσσονται ηλεκτροχρωμικά επιστρώματα που με την εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος μικρής τάσης σε στρώση οξειδίων βολφραμίου γίνονται πιο αδιαφανή με το πάτημα ενός κουμπιού.[12]

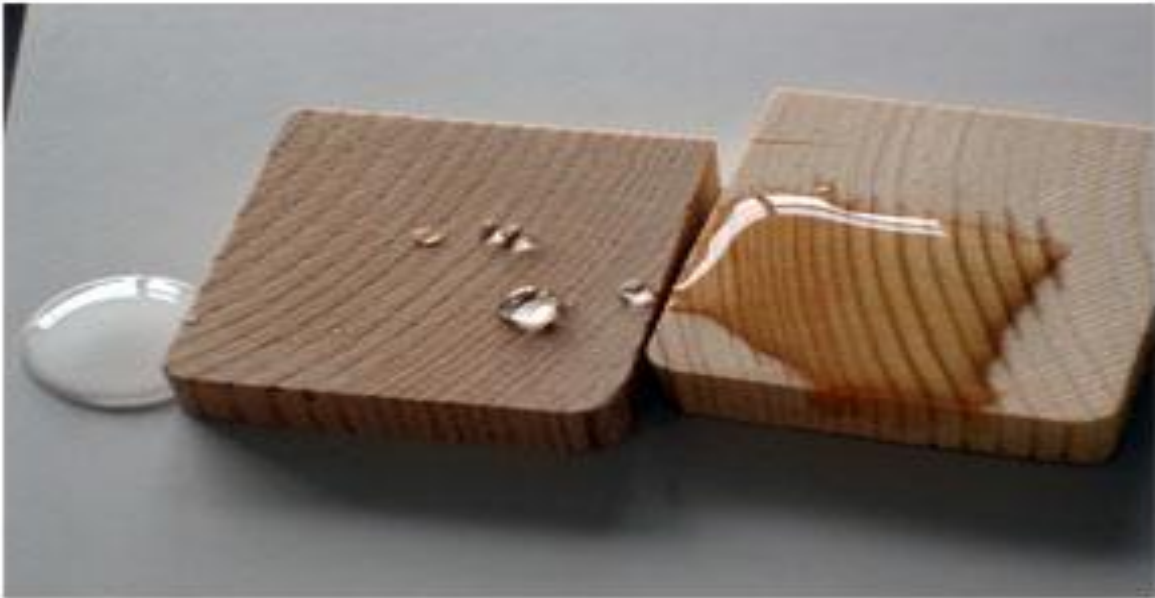


Εικ. 3. Ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες με ρυθμιζόμενη διαφάνεια οξειδίου βολφραμίου[13]

3.1.8 Νανοτεχνολογία και ξύλο

Η χρήση της νανοτεχνολογίας αποτελεί μια πραγματική ευκαιρία για την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων στη βιομηχανία του ξύλου, τα οποία θα μειώσουν δραστικά τις δαπάνες επεξεργασίας. Αν και το ξύλο είναι ανθεκτικό και ισχυρό από τη φύση του, η υπαίθρια έκθεση μπορεί να υποβιβάσει τις φυσικές του ιδιότητες καθώς και την αισθητική του ομορφιά. Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης έχουν αναπτυχθεί νέα επιστρώματα για τις ξύλινες επιφάνειες. Τα νέα προϊόντα νανοτεχνολογίας - που είναι διασπορές πολυμερών - αδιαβροχοποιούν τις ξύλινες επιφάνειες διεισδύοντας βαθιά στους πόρους των επιφανειών και επιτυγχάνουν χημική τροποποίηση αντιδρώντας με τα δομικά συστατικά (κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες) καθώς και επικαλύπτοντας τα μικροϊνίδια του ξύλου. Έτσι, βελτιώνονται τόσο οι μηχανικές ιδιότητες, όσο κυρίως η διαστασιακή σταθερότητα (συρρίκνωση-διόγκωση) του ξύλου. Κατά συνέπεια, τα απείρως μικρά νανοσωματίδια «ντύνουν» την πολύ μεγάλη εσωτερική επιφάνεια του ξύλου εξασφαλίζοντας την απώθηση του νερού ή την απομάκρυνση παραγόντων διάβρωσης με χημικές δυνάμεις. Έτσι επιτυγχάνεται σημαντική προστασία του ξύλου. Η προστασία αυτή φαίνεται ότι δεν επηρεάζεται από τριβή, μηχανική καταπόνηση, ηλιακή επίδραση ή άλλη φθορά. Επίσης, εξασφαλίζει και βελτιωμένη αντοχή στη γήρανση, δηλ. με απλά λόγια εξασφαλίζεται μεγάλη αντοχή (φυσική διάρκεια) στο χρόνο, που μπορεί να φτάσει και τα 10 χρόνια. Για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας - οι οποίες είναι «πολύ δύσκολες» για το ξύλο, φαίνεται ότι η υπερϊώδης ηλιακή ακτινοβολία δεν επηρεάζει την εν λόγω προστασία, ούτε προκαλεί μεταχρωματισμούς (π.χ. κίτρινο χρώμα). Τα σκευάσματα αυτά δεν δημιουργούν φιλμ (coating) στην επιφάνεια και συνεπώς δεν αλλοιώνουν την όλη εμφάνιση των επιφανειών, ωστόσο, σε παρατηρήσεις ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σε μακρομοριακό επίπεδο έχουν καταγραφεί μεταβολές στην αρχιτεκτονική υποδομή (μικροδομή) του ξύλου.

Επιχειρώντας να παραθέσουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτά τα προϊόντα τροποποιούν την ικανότητα διαβροχής των ξύλινων επιφανειών που εφαρμόζονται, θα λέγαμε ότι είναι σκευάσματα υγρής μορφής – με βάση το νερό - που αναπτύχθηκαν με απώτερο στόχο να επιτύχουν την αδιαβροχοποίηση των «ευαίσθητων» ξύλινων επιφανειών. Η μορφοποίηση που διαθέτουν (δισπαρμένα τεμαχίδια σε υδατικά μέσα) τα καθιστά ικανά να εφαρμοσθούν εύκολα με τη βοήθεια ρολού ή πινέλου, ή ακόμα και με ψεκασμό. Η αποτελεσματική σύνθεση των σκευασμάτων αυτών ενάντια στο νερό και τις αλλοιώσεις και η υψηλή υδροαπωθητικότητα που του προσδίδουν βασίζεται στη νανοτεχνολογία ανεξάρτητα από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ δεν επιφέρουν αλλαγές ούτε στο χρώμα, ούτε στην υφή, ούτε στη στιλπνότητα των επιφανειών του ξύλου. Το σημαντικότερο είναι ότι τα σκευάσματα αυτά βασίζονται στο νερό, δεν περιέχουν οργανικούς διαλύτες και δεν είναι επικίνδυνα για το χρήστη και το περιβάλλον. Παρά την υψηλή τεχνολογία τους, το κόστος τους είναι χαμηλότερο, λαμβάνοντας υπόψη τις τροποποιημένες ιδιότητες και το νέο χρόνο ζωής, από 1 € ανά τ.μ. επιφάνειας εφαρμογής αλλά προφανέστατα προσδίδουν υψηλή προστιθέμενη αξία στην ξύλινη κατασκευή.[14]



Εικ. 4. Υψηλή υδροαπωθητικότητα ξύλου επικαλυμμένου με νανοσωματίδια.[15]



Εικ. 5. Νανοτεχνολογία για απορροφητικές ξύλινες επιφάνειες με απλή εφαρμογή.[16]

3.1.9 Βαφές-μπογιές διοξειδίου του τιτανίου

Ένα συχνό παράδειγμα σε αυτή τη κατεύθυνση είναι οι βαφές-μπογιές που έχουν βασικό συστατικό το διοξείδιο του τιτανίου, ικανό να μειώσει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και να χρησιμοποιηθεί ως απορρυπαντικό για το φιλτράρισμα του περιβάλλοντα χώρου. Τα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας μπορούν να αντικαταστήσουν τις συμβατικές βαφές τοίχων, επιτυγχάνοντας καλύτερη ποιότητα εσωτερικού αέρα, δίχως να προκαλούν αλλεργίες. Επίτευγμα αποτελεί η δημιουργία ενός μη τοξικού επιστρώματος, που είναι σε θέση όχι μόνο να σταματήσει την εμφάνιση μυκήτων, αλλά να καταστρέψει ακόμα και τα αντιβιοτικά ανθεκτικά βακτηρίδια που ευρίσκονται σε νοσοκομεία και ιατρικούς θαλάμους. Το νέο σύστημα δεν επιβαρύνει την εσωτερική ατμόσφαιρα, ενώ προστατεύει την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Σε αντίθεση, με τις συμβατικές βαφές, τα συστατικά δεν εξατμίζονται, καθώς τα νανομόρια είναι στέρεοι οργανισμοί και η προστατευτική τους λειτουργία δεν υποβαθμίζεται όπως με τα βιοκτόνα. Η απουσία βιοκτόνων, διαλυτών, υπερπλαστικοποιητών και συντηρητικών εξασφαλίζει ότι καμία εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση δε θα προκληθεί από βαφή. Το επίστρωμα είναι άφλεκτο παρέχοντας έτσι και ασφάλεια [17]. Εφαρμογές τέτοιων βαφών-μπογιών έχουν βρεθεί σε νοσοκομεία, σε πεζοδρόμια, σε ειδικά επιστρωμένα κεραμίδια στεγών κτλ.



Εικ. 6. Νοσοκομείο στο Μεξικό. Πρόσοψη με αυτοκαθαριζόμενες ιδιότητες, έτος, 2011.[18]



Εικ. 7. Πεζοδρόμια διοξειδίου του τιτανίου που αποδομεί την ατμοσφαιρική ρύπανση.[19]



Εικ. 8. Υπερδρόφιλα κεραμίδια στεγών που απομακρύνουν το νερό της βροχής.[20]

3.2 Χρήση υλικών και καινοτόμων δομικών υλικών σε δομικά συστατικά

Παρά τα πρόσφατα ευρήματα για την περιβαλλοντική τους τοξικότητα, τα νανουλικά όπως το διοξείδιο του τιτανίου, χρησιμοποιούνται επίσης ως συστατικά στη παραγωγή δομικών κατασκευαστικών στοιχείων-εξαρτημάτων, κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα, χυτευμένα μέταλλα κτλ. Αυτή η τεχνική μπορεί να έχει εκπληκτικά αποτελέσματα όσο αφορά τις αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες του σκυροδέματος και επίσης μπορεί να βελτιώσει τις αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, την πλαστιμότητα κτλ.

3.2.1 Σκυρόδεμα Tx-Active

Μία εφαρμογή μπορούμε να εντοπίσουμε στην Misericordia εκκλησία στη Ρώμη, η οποία κατασκευάστηκε από λευκό φωτοκαταλυτικό τσιμέντο. Η εταιρεία Italcementi ακολούθησε την ανάπτυξη του έργου και τροφοδότησε το έργο με τεχνικές κατασκευής και υψηλής τεχνολογίας δομικά υλικά μεταξύ των οποίων και το τσιμέντο με ονομασία TX ACTIVE. Το TX ACTIVE είναι μία φωτοκαταλυτική αρχή για τα προϊόντα τσιμέντου τα οποία μπορούν να μειώσουν οργανικούς και ανόργανους ρύπους που είναι παρόντες στον αέρα. Η αποτελεσματικότητά του έχει δοκιμαστεί διεξοδικά και πιστοποιείται από σημαντικό ανεξάρτητο ερευνητικό κέντρο. Η σύνθεση του είναι το αποτέλεσμα 10 ετής έρευνας, δοκιμές και εφαρμογές που πραγματοποιούνται από CTG, Τεχνικό Κέντρο Group, μια εταιρεία του Ομίλου Italcementi, η οποία έχει οδηγήσει στην τελική τυποποίηση του δραστικού συστατικού. Η Italcementi έχει κάνει αυτό το υλικό να διατίθεται σε ολόκληρο το τομέα των κατασκευών οι οποίες έτσι είναι σε θέση να προσφέρουν προϊόντα με υψηλά πρότυπα ποιότητας. Από την πρώτη χρησιμοποίησή της στη Ρώμη, η ανάπτυξη και η βελτίωση αυτού του τύπου τσιμέντου υπήρξε ραγδαία. Τέτοια νανοτσιμέντα συνδράμουν αποτελεσματικά στη διατήρηση της καθαρότητας των επιφανειών. Το επίπεδο φωτοδραστικότητας περιβάλλοντος είναι τέτοιο, ώστε να υποχωρεί τις οργανικές και ανόργανες ουσίες που είναι υπεύθυνες για τη ρύπανση του αέρα. Σε μία μεγάλη πόλη όπως το Μιλάνο, οι ερευνητές έχουν υπολογίσει - βάσει των αποτελεσμάτων των δοκιμών – ότι εάν καλύπτουν το 15% του ορατού των αστικών επιφανειών με προϊόντα που περιέχουν TX ACTIVE θα επιτραπεί η μείωση της ρύπανσης περίπου 50% [21]. Η Misericordia, ένα τέτοιο συμβολικής σημασίας κτίριο απαιτούσε ειδικής κατηγορίας σκυρόδεμα, όχι μόνο από άποψη μηχανικών αντοχών αλλά και διάρκειας του φωτεινού λευκού χρώματος, διατηρώντας τη λάμψη του και την κομψή εμφάνισή του. Η φωτοκαταλύση μειώνει διαφόρους ρύπους όπως π.χ. καυσαέρια από τα αυτοκίνητα, εκπομπές από οικιακά συστήματα θέρμανσης, εκπομπές χημικών ουσιών από βιομηχανικές διεργασίες και τα φυτοφάρμακα, που έρχονται σε επαφή με επιφάνειες του τσιμέντου και τους μετατρέπει σε αβλαβείς ουσίες, γεγονός που διατηρεί την αρχική εμφάνιση του κτιρίου. [22]



Εικ. 9. Misericordia Εκκλησία στη Ρώμη, σκυρόδεματος Tx-Active ,2003, αρχ. R. Meier[23]



Εικ. 10. Εσωτερικό εκκλησίας με έντονο λευκό χρώμα από το Tx-Active[24]

3.2.2 Νανοχάλυβας Mmfx2

Μία άλλη εφαρμογή αναφέρεται στο κατάστρωμα της γέφυρας Iowa στις ΗΠΑ, στην οποία η μεταλλική ενίσχυση της πλάκας σκυροδέματος υπέστη νανο επεξεργασία με στόχο την ανάπτυξη αντιδιαβρωτικών ιδιοτήτων καθώς και μηχανικών δυνατοτήτων μέσω της χρήσης του νανοχάλυβα MMFX2. Ο MMFX2 είναι πολύ ανθεκτικός στη διάβρωση και σε πολλές περιπτώσεις ανώτερος από τον συμβατικό χάλυβα όσο αφορά τις ιδιότητες: αντοχή, απορρόφηση ενέργειας, σκληρότητα, ευθραυστότητα, ολκιμότητα, διαμορφωσιμότητα. Επιπρόσθετα, ο νανοχάλυβας αυτός είναι οικονομικός στην παραγωγή και στη τοποθέτηση του. Ο MMFX2 χάλυβας αποκτά την ενισχυμένη αντιδιαβρωτική του ικανότητα από το αποτέλεσμα της μικροδομής του κατά τη διάρκεια της παραγωγής του. Η ιδιόκτητη σύνθεση του υλικού και οι διαδικασίες παραγωγής ελαχιστοποιούν τη δημιουργία μικρογαλβανικών κυττάρων, που συνεισφέρουν σημαντικά στην έναρξη και επιτάχυνση της διαβρωτικής δραστηριότητας. Η υψηλή αντοχή του, του παρέχει τη δυνατότητα για εξοικονόμηση κόστων κατασκευής και υλικών με την απλοποίηση τοποθέτησης του σκυροδέματος, ως αποτέλεσμα μεγαλύτερων κενών αποστάσεων σε βαριά οπλισμένα οικοδομήματα. Επίσης, προσφέρεται η δυνατότητα μείωσης κάλυψης σκυροδέματος που απαιτείται σε εξαιρετικώς διαβρωμένο περιβάλλον. [25]



Εικ. 11. Κατάστρωμα γέφυρας στην IOWA, ΗΠΑ, νανοενισχυμένος χάλυβας, έτος 2011.[26]

3.2.3 Υγρός γρανίτης

Οι επιστήμονες ανέπτυξαν ένα νέο δομικό υλικό πυρίμαχο το οποίο ανταπεξέρχεται με επιτυχία σε 1100 βαθμούς κελσίου. Αποτελείται κυρίως από ανακυκλώσιμα υλικά και είναι στο ίδιο επίπεδο ευελιξίας με το σκυρόδεμα. Ο υγρός γρανίτης προσφέρει ένα σημαντικό επίτευγμα στη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς στα κτίρια καθώς δεν εκρήγνυται σε υψηλές θερμοκρασίες όπως συμβαίνει στο κοινό σκυρόδεμα. Επιπλέον, μπορεί να αντέξει σε υψηλές θερμοκρασίες για μεγάλες περιόδους, προσφέροντας χρόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Ο υγρός γρανίτης, ο οποίος χρησιμοποιείται ως εναλλακτικό συστατικό του συμβατικού σκυροδέματος στη κατασκευή κτιρίων, αποτελεί νανουλικό και η συστασή του κυμαίνεται από 30% έως 70% από ανακυκλώσιμα υλικά προερχόμενα κυρίως από βιομηχανικά απόβλητα. Το προϊόν αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο Sheffield Hallam και είναι διαθέσιμο από την εταιρία Liquid Granite Ltd. Το υλικό χρησιμοποιείται από πολλούς οργανισμούς σε διάφορα οικοδομικά σχέδια καθώς έχει αξιολόγηση τεσσάρων ωρών, κάτι που σημαίνει ότι παρέχει υψηλό επίπεδο προστασίας σε περιπτώσεις φωτιάς. Τα δομικά στοιχεία από υγρό γρανίτη, χρησιμοποιούν λιγότερο από ένα τρίτο του υλικού, συγκριτικά με το τσιμέντο. Αυτό έχει το πλεονέκτημα μείωσης του παραγωγικού κόστους και επίσης μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος. Για παράδειγμα σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε εγχώρια και εμπορικά κτίρια κτλ.[27] Εφαρμογές του υγρού γρανίτη μπορεί να δει κανείς στο Ολυμπιακό χωριό του Λονδίνου του 2012 και στο Εμπορικό Κέντρο Stadtford του Λονδίνου.



Εικ. 12. Εμπορικό Κέντρο Stadtford με πάτωμα από υγρό γρανίτη.[28]



Εικ. 13. Ολυμπιακό Χωριό στο Λονδίνο, Ολυμπιακοί Αγώνες 2012, χρήση υγρού γρανίτη.[29]

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο πως η καινοτομία δεν αντιβαίνει τους στόχους του σχεδίου και της σπουδαιότητας του οικοδομήματος. Σε θέματα ανακαινήσεων για παράδειγμα όπου ένα σύστημα πρόκειται να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση, η χρήση επαναστατικής τεχνολογίας όπως του υγρού γρανίτη πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Χρησιμοποιώντας μία τέτοια τεχνολογία σε ένα δόμημα ή ευρύτερο χώρο με υποδεέστερη ή παραδοσιακή τεχνολογία μπορεί να φανεί ως απόκλιση του ιστορικού περιεχομένου του συστήματος. Οι μηχανικοί φέρουν την ευθύνη συζητήσεως με τους αναδόχους-πελάτες για το πρόβλημα. Χρειάζεται ειλικρίνεια ώστε να επιλεγούν ή να απορριφθούν καταλλήλα προϊόντα για την προσφιλέστερη λύση. Ο υγρός γρανίτης, ως αντικαταστάτης του συμβατικού σκυροδέματος, οφείλει να χρησιμοποιείται προσεκτικά για την αποφυγή της καταστροφής ιστορικής σημασίας μνημείων. Και αυτό επειδή το σκυρόδεμα αποτελούσε βασικό δομικό υλικό σε πολλαπλές εφαρμογές και αξιοσημείωτα κτίρια. Το Πάνθεον στη Ρώμη, το οποίο χτίστηκε πριν από περίπου δύο χιλιάδες χρόνια, χρησιμοποιεί σκυρόδεμα στο διάσημο θόλο του. Αντικαθιστώντας το με υγρό γρανίτη, από τη μία θα αύξανε τις αντοχές και την σταθερότητα του, από την άλλη θα άλλαζε την σημασία ενός τέτοιου ναού.[30]

3.2.4 Υλικά αλλαγής φάσης (ΥΑΦ)-(PCM)

Η ανάπτυξη συσκευών αποθήκευσης ενέργειας, αποτελεί μία ενέργεια η οποία είναι εξίσου σημαντική με την ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας. Η αποθήκευση της ενέργειας σε κατάλληλες μορφές, οι οποίες μπορούν συμβατικά να μετατραπούν στην απαιτούμενη μορφή, είναι μια παρούσα πρόκληση στους σύγχρονους τεχνολόγους. Η αποθήκευση ενέργειας μειώνει όχι μόνο την αντιστοιχία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης, αλλά και βελτιώνει την απόδοση και την αξιοπιστία των συστημάτων ενέργειας και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ενέργειας. Οδηγεί στην εξοικονόμηση των καυσίμων και καθιστά το σύστημα πιο αποδοτικό με τη μείωση της σπατάλης ενέργειας και το κόστος του κεφαλαίου. Για παράδειγμα, η αποθήκευση θα βελτιώσει την απόδοση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ισοπέδωση φορτίου και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας και μικρότερο κόστος παραγωγής. Μία από τις τεχνικές για την αποθήκευση θερμικής ενέργειας είναι η εφαρμογή των υλικών αλλαγής φάσης (ΥΑΦ).

Οποιοδήποτε κοινό υλικό μπορεί να χαρακτηριστεί 'αλλαγής φάσεως' και αυτή του την ιδιότητα την προσδίδουν οι περιβαλλοντικές του συνθήκες. Ένα προφανές παράδειγμα τέτοιων υλικών είναι το νερό, όπου ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες παίρνει τη μορφή του πάγου, του υγρού και του αερίου. Σύγχρονα υλικά αλλαγής φάσης δημιουργούνται μέσω προχωρημένης ψηφιακής τεχνολογίας, όπως η νανοτεχνολογία, έχοντας τα πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών υλικών, στο γεγονός ότι προσφέρουν υψηλότερη θερμική χωρητικότητα. Τα υλικά αλλαγής φάσης μπορούν να εφαρμοστούν σε κτιριακά κελύφη ελέγχοντας αποτελεσματικά το εσωτερικό θερμικό περιβάλλον.

Τα υλικά αλλαγής φάσης (PCM) είναι "λανθάνουσα" υλικά αποθήκευσης θερμότητας. Η θερμική μεταφορά ενέργειας συμβαίνει όταν ένα υλικό αλλάζει από στερεό σε υγρό, ή από υγρό σε στερεό. Αυτό ονομάζεται μια αλλαγή στην κατάσταση, ή «φάση». Αρχικά, αυτά τα στερεά-υγρά ΥΑΦ λειτουργούν όπως τα συμβατικά υλικά αποθήκευσης, η θερμοκρασία τους αυξάνεται, καθώς απορροφούν τη θερμότητα. Αντίθετα όμως από τα συμβατικά υλικά αποθήκευσης, τα ΥΑΦ απορροφούν και απελευθερώνουν θερμότητα σε μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Αποθηκεύουν 5 έως 14 φορές περισσότερη θερμότητα ανά μονάδα όγκου από ό, τι κοινά υλικά αποθήκευσης, όπως το νερό, τοιχοποιία ή ροκ.

Η λανθάνουσα θερμότητα, που αποδίδουν κατά την αλλαγή φάσης τους ανοίγει νέους δρόμους για την ενεργειακή εξοικονόμηση στον κτιριακό τομέα (και όχι μόνο). Ενδεικτικά, σύμφωνα με άλλες πηγές, η θερμότητα που απορροφάται από μια γυψοσανίδα με πάχος μόλις 3 εκατοστών, η οποία όμως ενσωματώνει ΥΑΦ σε ποσοστό 30%, είναι περίπου ισοδύναμη με εκείνη που αποθηκεύει ένας τοίχος 23 εκατοστών από τούβλα (στα όρια των θερμοκρασιών άνεσης).

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις ποικίλες ιδιοτητές τους.

Θερμικές ιδιότητες :

- Κατάλληλη θερμοκρασία μετάβασης φάσης.
- Υψηλή λανθάνουσα θερμότητα της μετάβασης.
- Καλή μεταφορά θερμότητας.

Φυσικές ιδιότητες :

- Ευνοϊκή ισορροπία φάσης
- Υψηλή πυκνότητα
- Χαμηλή πίεση του ατμού

Χημικές ιδιότητες :

- Μακροπρόθεσμη χημική σταθερότητα.
- Συμβατότητα με τα υλικά κατασκευής.
- Δεν υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς.

Οποιαδήποτε λανθάνουσα θερμότητα ή σύστημα αποθήκευσης ενέργειας λανθάνουσας θερμότητα, ως εκ τούτου, πρέπει να κατέχει τουλάχιστον τα εξής τρία συστατικά:

- ένα κατάλληλο ΥΑΦ με το σημείο τήξης του στην επιθυμητή περιοχή θερμοκρασίας,
- μια κατάλληλη επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας, και
- ένα κατάλληλο δοχείο συμβατό με το ΥΑΦ.

Τα υλικά αλλαγής φάσης θερμικής χωρητικότητας κατηγοριοποιούνται βάση του χημικού προφίλ σε οργανικά και ανόργανα με τα περισσότερα να ανήκουν στη κατηγορία των ανόργανων. Τα οργανικά ΥΑΦ έχουν ως βάση το πετρέλαιο που τους προσδίδει και τη λανθάνουσα θερμότητα. Ένας αριθμός της κατηγορίας των οργανικών ΥΑΦ περιλαμβάνει : ν-αλκάνια, λιπαρά οξέα, μεθυλεστέρες και λιπαρές αλκοόλες. Τα ανόργανα ΥΑΦ είναι υδατικά άλατα που έχουν βάση το νερό. Υπάρχει ένας αριθμός χαρακτηριστικών που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα χαρακτηριστικά για ένα 'τέλειο' υλικό αλλαγής είναι :

- Θερμοκρασία αλλαγής φάσης σε επιθυμητή περιοχή με σημείο τήξης-κατάψυξης
- Υψηλή λανθάνουσα θερμοκρασία τήξεως (από στερεό σε υγρό)
- Μη τοξικά (σε ανθρώπους και ζώα) και μη καρκινογόνα
- Εμπορικά διαθέσιμα σε χαμηλές τιμές
- Βιοδιασπώμενα
- Μικρής ή καθόλου εύφλεκτότητας (υψηλό σημείο ανάφλεξης, χαμηλή πίεση ατμού)
- Αντι-διαβρωτικά
- Καλή σταθερότητα κατά τον θερμικό κύκλο (όχι υπέρψυξη)
- Περιορισμένη ογκομετρική διαστολή/συστολή κατά την κατάψυξη-απόψυξη

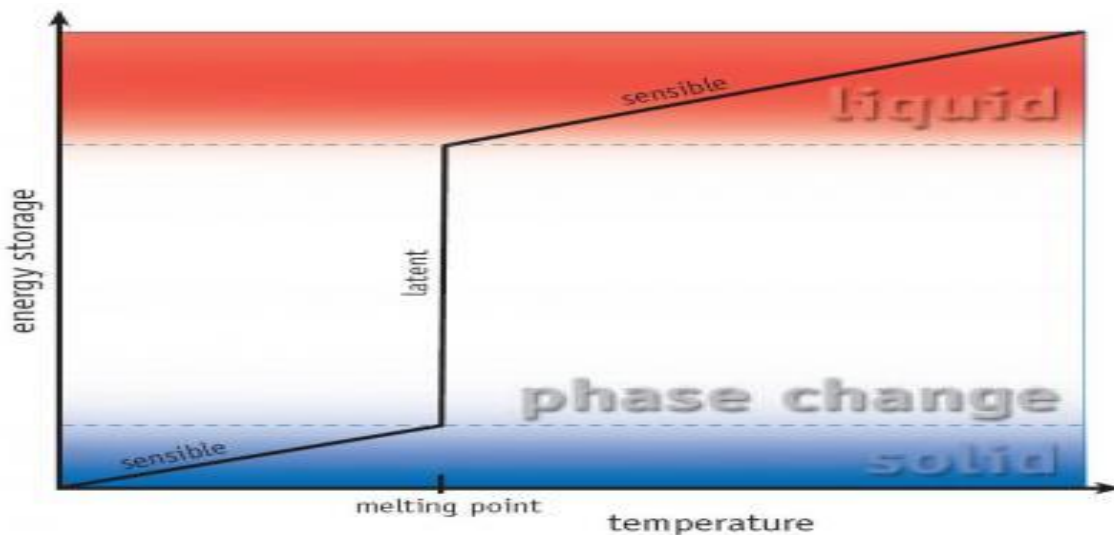
Κτίρια με μεταβαλλόμενες όψεις ή με στοιχεία ικανά να προσαρμόζονται αυτόματα στις καιρικές συνθήκες, δημιουργούν σταδιακά η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και η νανοτεχνολογία

στον χώρο των δομικών υλικών, ανοίγοντας νέες προοπτικές στις κατασκευές και τη θερμομόνωση παγκοσμίως. Υπάρχουν υλικά νανοτεχνολογίας που φωτοδιαγείρονται, γίνονται πιο συμπαγή ή αλλάζουν χρώμα όταν τα βλέπει ο ήλιος ή και «έξυπνα» υλικά που σφραγίζουν τα «ανοίγματα» του κτιρίου.

Δυστυχώς, πριν από τη μεγάλης κλίμακας πρακτική εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας, είναι απαραίτητο να επιλυθούν πολλά προβλήματα στο στάδιο της έρευνας και της ανάπτυξης.

Η ασφάλεια και η υγεία των εργαζομένων, των πελατών κάθε εταιρείας είναι σημαντική. Ενώ τα περισσότερα υλικά αλλαγής φάσης που χρησιμοποιούνται στη δομική βιομηχανία είναι μη τοξικά για τους ανθρώπους και την πανίδα, η κατάποση και η μακροχρόνια έκθεση στο δέρμα πρέπει να αποφεύγεται. Σε σχέση με τη διαθεσή τους, τα ΥΑΦ μπορούν να εναποτίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής (που οφείλουν να υπόκεινται σε ομοσπονδιακούς, πολιτειακούς και τοπικούς κανονισμούς) και δε θεωρούνται επικίνδυνα απόβλητα ή επικίνδυνα υλικά. Ωστόσο, παρέχοντας το ενεργειακό τους υψηλό απόθεμα, προτιμάται η αποτέφρωση από την υγιονομική ταφή. Τόσο οι προμηθευτές όσο και οι τελικοί αποδέκτες των υλικών αυτών πρέπει να είναι ενημερωμένοι και εκπαιδευμένοι όσο αφορά την επαναχρησιμοποίηση τους, την ανάκυκλωση και διαθεσή τους.

Μερικά υλικά αλλαγής φάσης διαλύονται σε νερό και είναι σχετικώς μη τοξικά. Άλλοι είναι οι υδρογονάνθρακες, εύφλεκτα υλικά που μπορεί να είναι τοξικά. Ως εκ τούτου, τα υλικά αλλαγής φάσης πρέπει να επιλέγονται και να χρησιμοποιούνται πολύ προσεκτικά σύμφωνα με κανονισμούς πυροπροστασίας, τον οικοδομικό κανονισμό καθώς και μηχανολογικές μελέτες. Δεν μπορεί να είναι σοφό να χρησιμοποιούνται εύφλεκτα υλικά αλλαγής φάσης μέσα σε κατοικίες ή άλλα δημόσια κτίρια, λόγω του αυξημένου κινδύνου πυρκαγιάς, καθώς και τους κινδύνους εξάπλωσης της φλόγας, του καπνού, και τη δυνατότητα έκρηξης.[31],[32]



Εικ. 14. Διάγραμμα μεταβολής αποθήκευσης ενέργειας-θερμοκρασίας στα ΥΑΦ.[33]



Εικ. 15. ΥΑΦ για αποθήκευση θερμικής ενέργειας σε ταβάνι.[34]

3.3 Εξαιρετικά ελαφρά ανθεκτικά υλικά

Χρησιμοποιώντας μια πρόσθετη τεχνική κατασκευής, οι επίσημονες ανέπτυξαν μία εξαιρετικά ελαφριά ανθεκτική κατηγορία υλικών. Οι ερευνητές προβέπουν ότι αυτά τα υλικά, τα οποία είναι τόσο ελαφριά όσο το 'αεροτζέλ' και δέκα χιλιάδες φορές πιο δύσκαμπτα, μπορούν να φανούν χρήσιμα στις αυτοματοποιημένες βιομηχανίες. Αυτή είναι μια νέα κατηγορία υλικών γνωστή ως 'μικροαρχιτεκτονικά μεταυλικά', είναι αποτέλεσμα συστηματικών ερευνών του Lawrence National Laboratory (LLNL) και του Massachusetts Institute of Technology (MIT). Τα υλικά αυτά κατέχουν ιδιότητες τις οποίες δε μπορούμε να εντοπίσουμε στη φύση και επισκιάζουν παλαιότερες προσπάθειες παραγωγής παρόμοιων υλικών. Το πρόβλημα με τα συμβατικά υλικά είναι ότι μειώνονται οι μηχανικές τους ιδιότητες με μείωση της πυκνότητας τους διότι τα δομικά συστατικά τους υποκύπτουν με την εφαρμογή φορτίων. Τα νέα όμως αυτά υλικά, μπορούν να διατηρήσουν σχεδόν σταθερή δυσκαμψία ακόμα και σε πολύ χαμηλές πυκνότητες και πάχη. Το μυστικό αυτής της εξαιρετικής αντοχής προέρχεται περισσότερο από την μικροαρχιτεκτονική τους παρά από τα συστατικά τα ίδια. Αυτά τα σούπερ ελαφριά υλικά μπορούν να αντέξουν βάρος 160.000 φορές το βάρος τους. Το κλειδί για αυτή την εξαιρετικά υψηλή δυσκαμψία είναι στο γεγονός ότι όλα τα μικροδομημένα στοιχεία στα υλικά είναι σχεδιασμένα να μη περιορίζονται και να μη λυγίζουν.

3.3.1 Αεροτζέλ

Για την παραγωγή των ανθεκτικών αυτών ελαφριών υλικών, οι ερευνητές χρησιμοποιούν πρόσθετη μικροπαραγωγή για να δημιουργήσουν τρισδιάστατα στρώματα εφαρμόζοντας μία ποικιλία υλικών. Η ερευνητική ομάδα ξεκίνησε να χρησιμοποιεί ένα πυρήνα πολυμερούς και να κατασκευάζει μικροεσχάρες. Στη συνέχεια επικάλυψαν το πυρήνα με πολύ λεπτό στρώμα

μετάλλου περίπου 500 νανόμετρα πάχους. Κάνοντας χρήση θερμότητας για να απομακρύνουν τον πυρήνα του πολυμερούς, απέμεινε ένας υπερβολικά σκληρός και παράλληλα πολύ λεπτός κοίλος σωλήνας αποτελούμενος από εσχάρες μετάλλου. Επανάλαβαν τη διαδικασία με επικάλυψη κεραμικού στρώματος και το αποτέλεσμα ήταν υλικό παρόμοιο με το 'αεροτζέλ'. Το 'αεροτζέλ', το οποίο αποτελεί ένα πορώδες συνθετικό πολύ ελαφρύ υλικό που προέρχεται από μία πηκτική ουσία, από την οποία με κατάλληλη διεργασία το υγρό κομμάτι έχει αντικατασταθεί με ένα αέριο κατείχε μέχρι πρόσφατα το ρεκόρ του πιο ελαφριού στερεού υλικού αποτελούμενο από 99,98% αέρα. Ένα στρώμα 'αεροτζέλ', μερικών χιλιοστών πάχους, το οποίο μπορεί να επιτύχει πολύ μεγαλύτερη θερμική χωρητικότητα και πυροπροστασία συγκριτικά με ένα συμβατικό στερεό τοίχο μεγάλου πάχους. Τα πλεονεκτήματα αυτής της κατηγορίας υλικών είναι εμφανή.[35]



Εικ. 16. Υψηλός βαθμός πυροπροστασίας λεπτού στρώματος 'αεροτζέλ'. [36]



Εικ. 17. Στοιχείο από αεροτζέλ πυριτίου βάρους 2 γραμμαρίων υποβαστάζει άνετα ένα συμπαγές τούβλο βάρους 2.5 κιλών. [37]

Οι ερευνητές ελπίζουν ότι τα υλικά θα βρουν πρόσφορο έδαφος σε διάφορες βιομηχανίες στο μέλλον. Η κατηγορία των υλικών μπορεί να εφαρμοστεί στη κατασκευή στοιχείων για αυτοκίνητα ή διαστημόπλοια και να υιοθετηθούν και στην αρχιτεκτονική κατασκευή.

Στα περισσότερα οικοδομικά υλικά, προσθέτοντας δύναμη σημαίνει αυτόματα προσθέτουμε βάρος και με αυτό τον τρόπο καταλήγουμε σε βαριές κατασκευές από χάλυβα και σκυρόδεμα. Ελαφρές κατασκευές σημαίνει η ανάγκη να κοιτάξουμε πέρα από τα βασικά υλικά και να εξετάσουμε πως δομούνται στην τελική τους μορφή. Για παράδειγμα, φυσικά υλικά όπως κόκκαλα ζώων ή το ξύλο έχουν ένα σημαντικό ποσοστό αέρα στη δομή τους, ωστόσο όμως επειδή έχουν συγκεκριμένο γεωμετρικό μοτίβο, τα υλικά διατηρούν την αντοχή τους παραμένοντας ελαφριά.[38]

Επιπροσθέτως, ένα από τα πιο εντυπωσιακά γνωρίσματα της παραγωγικής διαδικασίας, είναι το γεγονός ότι αυτά τα υλικά μπορούν να ‘εκτυπωθούν’ κάνοντας χρήση ενός ειδικού εκτυπωτή.

3.3.2 Γραφένιο

Το γραφένιο είναι επίπεδα από μονοστρωματικά άτομα άνθρακα καλά συσκευασμένα σε ένα δισδιάστατο (2D) πλέγμα κυψελών και αποτελεί βασικό στοιχείο για την οικοδόμηση γραφιτικών υλικών όλων των διαστάσεων. Μπορεί να είναι κλεισμένο σε 0D φουλερένια, τυλιγμένο σε 1D νανοσωλήνες ή στοιβάζονται σε 3D γραφίτη. Ένα σημαντικό βήμα προόδου στην επιστήμη του γραφενίου ήρθε όταν ο Andre Geim και ο Kostya Novoselov στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ κατάφεραν να εξάγουν μονοατομικού πάχους κρυσταλλίτες (γραφένιο) από ακατέργαστο γραφίτη το 2004.

Οι μοναδικές ηλεκτρονικές ιδιότητες του γραφενίου παράγουν μια απροσδόκητα μεγάλη αδιαφάνεια για μία ατομική μονή στρώση, με εκπληκτικά απλή τιμή: απορροφά ~ 2,3% του λευκού φωτός. Αυτό είναι συνέπεια της ασυνήθιστα χαμηλής ενέργειας της ηλεκτρονικής δομής του μονοστρωματικού γραφενίου το οποίο αναδυσκνείει ηλεκτρόνια και σπές κωνικής ζώνης που συναντιούνται μεταξύ τους στο σημείο Dirac που είναι ποιοτικά διαφορετικό από τις πιο κοινές τετραγωνικές συμπαγείς ζώνες.

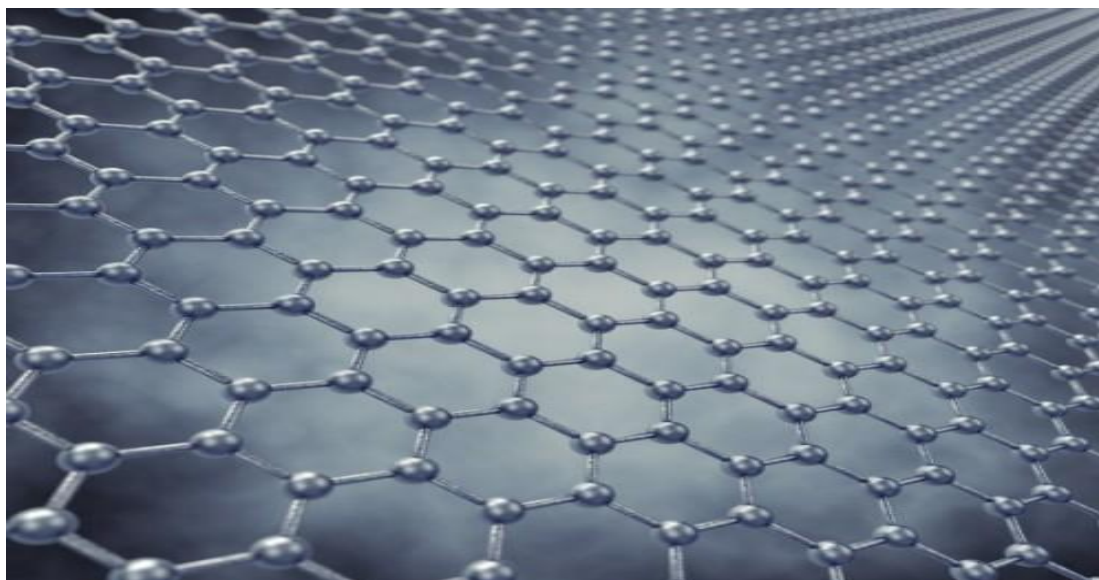
Το 2008 πραγματοποιείται το πρώτο πείραμα που αποδεικνύει ότι το γραφένιο είναι το ισχυρότερο υλικό που υπάρχει στη φύση. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι το γραφένιο έχει αντοχή εφελκυσμού 100 φορές μεγαλύτερη από το ατσάλι.

Το γραφένιο είναι εντελώς διαφορετικό από τα περισσότερα συμβατικά τρισδιάστατα υλικά. Το φυσικό γραφένιο είναι ένα ημιμέταλλο ή μηδενικού κενού ημιαγωγός.

Πρόκειται για το λεπτότερο και ελαφρύτερο υλικό, πάχους μόλις ενός ατόμου, δηλαδή περίπου ένα εκατομμύριο φορές λεπτότερο από ένα φύλλο χαρτιού, που παρόλα αυτά μπορεί κανείς να δει σχεδόν με γυμνό μάτι, το πρώτο με διάσταση 2D, που σημαίνει ότι μπορεί να απλωθεί στις

δυο διαστάσεις και μια ελάχιστη ποσότητα του να καλύψει ένα γήπεδο ποδοσφαίρου, εξαιρετικά ισχυρό, ισχυρότερο από το διαμάντι και 200 φορές ισχυρότερο από το ατσάλι, με εξαιρετική αγωγιμότητα, άγει τον ηλεκτρισμό χίλιες φορές ταχύτερα και καλύτερα από το χαλκό, με ανεξάντλητες εφαρμογές. Δικαίως αποκαλείται το «υλικό θαύμα».[39]

Το γραφένιο προσφέρει αρκετές δυνατότητες χρήσης. Η αγωγιμότητα του βελτιώνει την αποδοτικότητα των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, ημιαγωγών και ηλιακών πινάκων. Οι επιστήμονες εκφέρουν την άποψη ότι τι θαυματουργό υλικό γραφένιο θα χτίσει το μέλλον και θα επιφέρει ακόμη μεγαλύτερη επανάσταση στη βιομηχανία από την ανακάλυψη και χρήση των ανθρακονημάτων. Η κατάλληλη αξιοποίηση του, καθιστά ικανή φθηνότερη την παραγωγή ηλεκτρισμού και περισσότερα στερεά αντικείμενα, τα οποία καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια. Επιπλέον, η συντήρησή τους θα είναι φθηνή και θα έχουν καλύτερη συμπεριφορά στο περιβάλλον. [40]



Εικ. 18. Τρισδιάστατη δομή γραφενίου.[41]

Οι μοναδικές ιδιότητές του προσέλκυσαν το ενδιαφέρον ερευνητών και εργαστηρίων σε όλο τον κόσμο και ήδη χρησιμοποιείται ή σκοπεύεται να χρησιμοποιηθεί για ενίσχυση πλαστικών, καθιστώντας τα αγωγά ταυτόχρονα, σε οθόνες των κινητών τηλεφώνων, οθόνες αφής, οθόνες τηλεόρασης κλπ., όπως επίσης, σε αντικατάσταση της τεχνολογίας πυριτίου, για την κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, πυκνότερων και ταχύτερων από τα σημερινά. Κι αυτές είναι μόνο ελάχιστες από τις εφαρμογές που μελετώνται διεθνώς.

Εξαιρετική εφαρμογή βρίσκει επίσης το γραφένιο σε ηλιακά συστήματα αυξάνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος έως και 15.6%. [42]



Εικ. 19. Χρήση γραφενίου σε φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα.[43]

Τα προηγούμενα χρόνια το γραφένιο θεωρούνταν ως το πιο ακριβό υλικό στο κόσμο, ωστόσο στη σημερινή εποχή εταιρείες το παράγουν σε μεγάλες ποσότητες. Είναι λεπτό, ελαφρύ, στερεό, εύκαμπτο αγωγίμο και φιλικό προς το περιβάλλον. Αποτελεί το πιο ισχυρό-δυνατό υλικό το οποίο γνωρίζουμε καθώς δε μπορούμε να το τεμαχίσουμε περαιτέρω.

3.3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις γραφενίου

Ερευνητές στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας ανακάλυψαν ότι τα νανοσωματίδια του οξειδίου του γραφενίου είναι ενεργώς κινητά σε λίμνες ή ρεύματα και πιθανολογούν να επιφέρουν αρνητικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο σε περίπτωση απελευθέρωσης στο υγρό περιβάλλον. Τα οξείδια του γραφενίου είναι μια οξειδωμένη μορφή του γραφενίου, ένα μονό στρώμα από άτομα άνθρακα ικανώς ισχυρά, αγωγίμα και ευέλικτα.

Η χρήση του γραφενίου και άλλων νανουλικών με βάση τον άνθρακα όπως οι νανοσωλήνες άνθρακα αναπτύσσονται ραγδαία. Πρόσφατες έρευνες αποδεικνύουν ότι τα οξείδια του γραφενίου πιθανό να είναι τοξικά για την ανθρώπινη υγεία.

Με τη συνεχόμενη αύξηση της παραγωγής τέτοιων νανουλικών, είναι σημαντικό για νομοθετικά όργανα, όπως η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος, να κατανοήσει τους ενδεχόμενους κινδύνους. Με την παρούσα γνώση στο αντικείμενο, δεν υπάρχει πρόσφατη πληροφορία όσο αφορά τη συγκέντρωση των νανοσωματιδίων του γραφενίου στο περιβάλλον. Ωστόσο γίνεται εύκολα αντιληπτό από το παρελθόν ότι η εναπόθεση των υλικών σε υγρά περιβάλλοντα ζημιώνει την βιωσιμότητα και την ανάπτυξη και μολύνει ποικίλως το περιβάλλον και την

ατμόσφαιρα. Οφείλουμε να είμαστε προληπτικοί οσόντου αποκτήσουμε επαρκή δεδομένα ικανά να προωθήσουν αιεφόρες εφαρμογές στο άμεσο μέλλον.

Η έρευνα για τον αρνητικό αντίκτυπο του γραφενίου έχει επικεντρωθεί στη κατανόηση της κινητικότητας, της σταθερότητας και της συνεκτικότητας των οξειδίων του γραφενίου σε υπόγεια και επιφανειακά ύδατα.[44]

Η παραγωγή και η χρήση των αεροπηκτώματων διοξειδίου του πυριτίου είναι ευνοϊκές προς το περιβάλλον. Δεν αποτελούν σημαντικά επικίνδυνα απόβλητα που παράγονται κατά την παραγωγή τους. Η διάθεση των αεροπήγματος είναι απολύτως φυσική. Επιπροσθέτως, τα αεροπηκτώματα διοξειδίου του πυριτίου είναι εντελώς μη τοξικά και μη εύφλεκτα. Αν βρουν τελικά το δρόμο τους σε ευρεία χρήση ως προστατευτικά υλικά, θα μπορούσαν να εξαλείψουν ένα πολύ μεγάλο ποσό των ανεπιθύμητων πλαστικών υλικών.

Η διαδικασία δημιουργίας ενός αεροπηκτώματος περιλαμβάνει τρία στάδια : προετοιμασία ζελέ, γήρανση και ξήρανση. Οι διαδικασίες αυτές συνήθως περιλαμβάνουν την ανάμειξη τοξικών χημικών ουσιών και αναλαμβάνουν τη διάχυση ελεγχόμενων διαδικασιών που καταναλώνουν πολύ διαλύτη. Επιπλέον, το τελικό στάδιο συχνά συνοδεύεται από έντονες διεργασίες ξήρανσης που μπορεί να καταναλώσει μεγάλες ποσότητες ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Έρευνα έχει πραγματοποιηθεί γύρω από τη μορφοποίηση, το κύκλο ζωής, τη κατανάλωση ενέργειας, τη κατανάλωση νερού, την ανακυκλωσιμότητα και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο και επιπτώσεων. Ωστόσο, τα δεδομένα από τις μελέτες αυτές είναι εμπιστευτικές, γεγονός που καθιστά δύσκολο να εκτιμηθεί η αυστηρότητα και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.[45],[46],[47]

3.4 Πιθανοί κίνδυνοι

Συγκριτικά με τις ‘εφυείς’ δυνατότητες των νέων δομικών υλικών στην εποχή των υπολογιστών, υπάρχει περιορισμένη κατανόηση όσο αφορά τον αντίκτυπο στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Με αφορμή την ελλιπή κατανόηση, έχουν προσανατολιστεί ερευνητικές προσπάθειες σε ποικίλους τομείς.

Ένας βασικός τομέας αφορά την εξερεύνηση της τοξικότητας των νανουλικών. Ένα παράδειγμα αποτελεί η εργασία του Πανεπιστημίου του Plymouth [48], που αποδεικνύει, ότι τα νανοσωματίδια του διοξειδίου του τιτανίου μπορούν να έχουν άμεσες επιπτώσεις στον εγκέφαλο και στο νευρικό σύστημα, οι οποίες μπορεί να είναι και θανατηφόρες[49]. Μία άλλη σχετική έρευνα της τοξικότητας του διοξειδίου του τιτανίου, προέρχεται από το Ecole Supérieure de Technologie του Μόντρεαλ[50], αποτελέσματα αυτής της έρευνας υποδεικνύουν ότι τα νανοσωματίδια αυτής της ουσίας, μπορούν εύκολα να διεισδύσουν στο ανθρώπινο σώμα, είτε μέσω του αναπνευστικού συστήματος είτε μέσω του δέρματος κτλ., χάρη στη μικροψύση των σωματιδίων. Επιπλέον, οι νανοσωλήνες άνθρακα, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη παραγωγή μονωτικών υλικών, αναφέρονται επίσης σε σχετική βιβλιογραφία να είναι τοξικοί.[51]

Ένας άλλος τομέας της έρευνας, αντιμετωπίζει το θέμα της ενέργειας που σχετίζεται με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Σε αυτή τη κατεύθυνση, αναφέρεται ότι η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την σύνθεση των νανοσωματιδίων, είναι ασυμβίβαστη με την τρέχουσα παγκόσμια ενεργειακή κρίση. Επίσης, απαιτήσεις ψύξης που εμπλέκονται στις παραπάνω διαδικασίες, συχνά καταλήγουν σε υπερβολική κατανάλωση νερού.

Παρά την εν εξελίξει έρευνα, πολλά ερωτηματικά παραμένουν αναπάντητα όσο αφορά τις περιβαλλοντικές αποτυχίες και κινδύνους που συνδέονται με δομικά υλικά μέσω υπολογιστή και σχετικές ψηφιακές τεχνικές. Οι επιστήμονες έχουν πλήρη επίγνωση αυτών και έχουν προτείνει την αφύπνιση της παραγωγικής δομικής βιομηχανίας σε σχέση με την χρήση τέτοιων υλικών.

Ένα σημαντικό πρόβλημα των νανουλικών αποτελεί η μέθοδος ανάλυσης των νανοσωματιδίων τους. Τα υλικά διαφέρουν ανάλογα με το σχήμα τους και το μέγεθος τους, τα οποία αποτελούν σημαντικό παράγοντα στο καθορισμό της τοξικότητας τους. Έλλειψη της πληροφορίας και των μεθόδων για το χαρακτηρισμό των νανουλικών καθιστούν την υπάρχουσα τεχνολογία εξαιρετικά δύσκολη στο να ανιχνευθούν νανοσωματίδια στον αέρα για περιβαλλοντική προστασία.

Επίσης, η επαρκής πληροφορία για τη χημική δομή αποτελεί έναν άλλο κρίσιμο παράγοντα για την τοξικότητα καθώς και η ελάχιστη διαφοροποίηση της χημικής δομής, μπορεί να επιφέρει δραστηριές αλλαγές στις ιδιότητες του υλικού.

Σε όλα τα στάδια της νανοτεχνολογίας θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η εκτίμηση του κινδύνου, συμπεριλαμβάνοντας τον κίνδυνο έκθεσης και την πιθανότητα εκθέσεως,

τοξικολογικές αναλύσεις, κίνδυνο μεταφοράς, κίνδυνο μετασχηματισμού και δυνατότητα ανακύκλωσης .

Ο κύκλος ζωής ενός νανουλικού μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών κινδύνων.

Σωστός πειραματικός σχεδιασμός εκ των προτέρων για την κατασκευή ενός νανοπροϊόντος μπορεί να μειώσει την παραγωγή απόβλητων.

3.5 Πολιτικές για τη διαχείριση κινδύνων

Λόγω της πρόσφατης εισαγωγής των νανουλικών στην παραγωγή κτιρίων, δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου Οικοδομικοί Κανονισμοί για την διαχείριση των κινδύνων που συνδέονται με τέτοιου είδους υλικά.

Ωστόσο, στρατηγικά σχέδια έχουν υιοθετηθεί πρόσφατα σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, προσανατολισμένα στον έλεγχο της ύλης στη νανοκλίμακα προς όφελος της κοινωνίας. Ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα σε αυτή τη κατεύθυνση είναι το Στρατηγικό Σχέδιο της Εθνικής Πρωτοβουλίας Νανοτεχνολογίας στις ΗΠΑ, το οποίο δημοσιεύτηκε το περασμένο Φεβρουάριο[52]. Το όραμα της ΕΠΝ είναι ένα μέλλον στο οποίο « ο έλεγχος της ύλης στη νανοκλίμακα, δημιουργεί μία επανάσταση στη τεχνολογία και στη βιομηχανία που θα ωφελήσει την κοινωνία». Αυτό το όραμα βασίζεται σε τέσσερις στόχους :

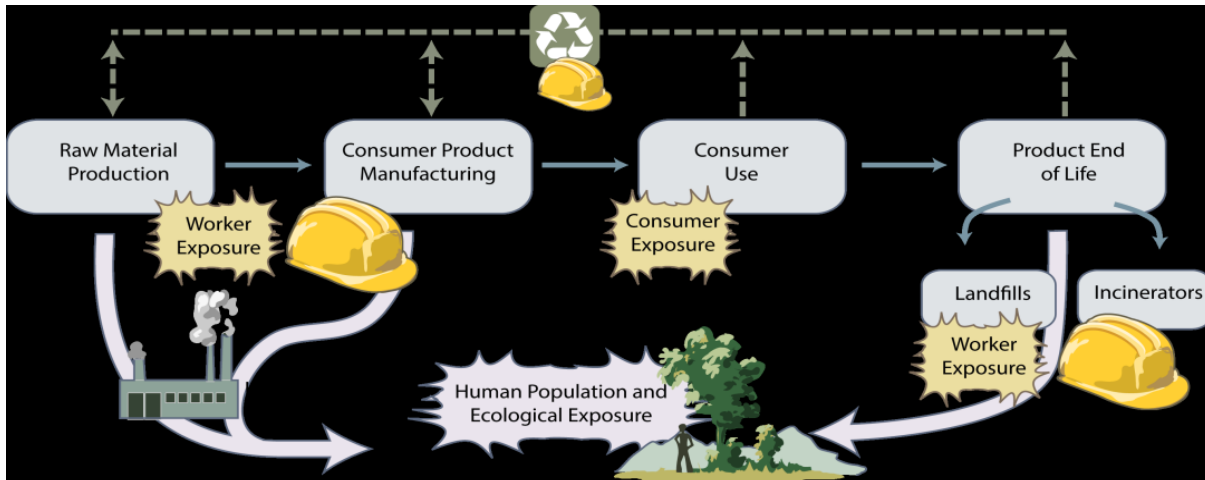
Σ1: Ανάπτυξη μιας παγκοσμίου κλάσης έρευνας της νανοτεχνολογίας και αναπτυξιακό πρόγραμμα. Ο στόχος είναι η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στα σύνορα και διασταυρώσεις από πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της βιολογίας, της χημείας, της φυσικής, της επιστήμης των υλικών και της μηχανικής.

Σ2: Προώθηση για τη μεταφορά νέων τεχνολογιών στα προϊόντα για εμπορικό και δημόσιο όφελος.

Σ3: Ανάπτυξη εκπαιδευτικών πόρων, ειδικευμένο εργατικό δυναμικό και μια δυναμική υποδομή για την προώθηση της νανοτεχνολογίας.

Σ4: Υποστήριξη υπεύθυνης ανάπτυξης της νανοτεχνολογίας

Στο περιεχόμενο του τέταρτου στόχου, υπάρχει ένα ζήτημα πέρα των άλλων εφαρμογών, που αναφέρεται σε μία μεγάλη ανησυχία στη παραγωγή κτιρίων, δηλαδή την αειφορία. Σε αυτή τη κατεύθυνση η ανάγκη για την εξέταση του κύκλου ζωής των ‘νανουλικών’ και των ‘ ενεργοποιημένων’ προϊόντων της νανοτεχνολογίας, αναγνωρίζεται από την ΕΠΝ. Η πρόοδος σε αυτή τη κατεύθυνση μπορεί να παρέχει απαντήσεις στο τι γίνεται μετά την απόλυτη κατεδάφιση του κτιρίου, το οποίο είναι βασισμένο σε προϊόντα της νανοτεχνολογίας, την ανακυκλωσιμότητα τέτοιων υλικών κτλ. Το ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζει την ανθρώπινη και περιβαλλοντική έκθεση στα νανουλικά που μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής και πέρα από, ενός προϊόντος νανοτεχνολογίας.



Εικ.20. Τεχνολογικά επεξεργασμένα νανοϋλικά και Νανοτεχνολογία-Συνεκτίμηση του κύκλου ζωής του προϊόντος.[53]

Μερικές από τις ευεργετικές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας που θα μπορούσε να παράσχει στήριξη της βιωσιμότητας είναι:

- i) τα νανοϋλικά για πιο αποδοτική παραγωγή και χρήση της ενέργειας (βλέπε αλλαγής φάσης υλικών)
- ii) τον καθαρισμό του νερού
- iii) την παραγωγή βιομηχανικών και εμπορικών προϊόντων και τροφίμων
- iv) την αποκατάσταση των περιβαλλοντικών ρύπων (βλέπε αυτοκαθαριζόμενο σκυρόδεμα) κλπ

Σημαντική ανάπτυξη γνωρίζει η νανοτεχνολογία στη χώρα μας όπου διαχειρίζεται νανοϋλικά και μεθόδους με μεγάλη επιτυχία. Οι επιστήμονες αναδεικνύουν συνεχώς το έργο τους με την συμμετοχή τους σε πολλά ελληνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα. Εφαρμόζονται πολιτικές για την ανάπτυξη και προστασία της νανοτεχνολογίας και των εμπορεύσιμων προϊόντων της.

Στα εργαστήρια του «Δημόκριτου» κατασκευάζεται η νέα γενιά νανοϋλικών και νανοδιατάξεων που θα φέρουν επανάσταση στις κατασκευές και τις αναλύσεις. Η ανακάλυψη του τρόπου δημιουργίας υπερυδροφобων και υπερελαιόφобων επιφανειών. Δημιουργείται μια νέα νανο-υφή στην επιφάνεια του υλικού, που μάλιστα μοιάζει με τις ίνες ενός υφαντού, για αυτό και ονομάζεται νανοϋφανση. Οι επιφάνειες μπορούν να απωθούν το νερό, τον πάγο, τα λάδια και τους μικροοργανισμούς, μπορούν να συνδέουν μεγάλες ποσότητες βιομορίων σε πολύ μικρή επιφάνεια, ενώ ταυτόχρονα είναι ελεγχόμενα διαφανείς, εξ' ου και η προσωνυμία "έξυπνες" επιφάνειες. Οι εφαρμογές είναι άπειρες: τζάμια και πλαστικά που δεν λερώνουν, δεν κρατούν το νερό ή το λάδι, δεν ανακλούν το φως, δεν πιάνουν ποτέ μικρόβια, και ό,τι άλλο μπορεί να φανταστεί κανείς.

Η ομάδα συμμετείχε στον 2ο Διαγωνισμό [«Η Ελλάδα Καινοτομεί»](#) που διοργάνωσαν από κοινού ο [ΣΕΒ](#) και η [Eurobank](#) και πήρε το Β' Βραβείο στην κατηγορία «Εφαρμοσμένη Έρευνα». Επιπλέον έχει ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών. Προσδοκούμε λοιπόν να γίνει γνωστή σε πολλούς παραγωγικούς κλάδους με σκοπό την αξιοποίηση της σε συνέργια με αυτούς. Προσδοκούμε η γνώση και το υψηλού επιπέδου ανθρώπινο δυναμικό που υπάρχουν να διοχετευθούν στην κοινωνία ευρύτερα, όχι μόνο τροφοδοτώντας την αλυσίδα παραγωγής νέας γνώσεως και την έρευνα .

Έρευνα του Εργαστηρίου Νανοτεχνολογίας του ΑΠΘ, έδειξε ότι το 49% των επιχειρήσεων Νανοτεχνολογίας έχει έδρα την Αττική και η πλειοψηφία τους παρέχει υπηρεσίες και προϊόντα καθαρισμού επιφανειών, αμέσως μετά προϊόντα Νανοϊατρικής και υφαντουργικά προϊόντα (textile) .

Θέσεις εργασίας από την Νανοτεχνολογία στη χώρα μας.

Το 80% των νέων θέσεων εργασίας θα προκύψουν από νέες εταιρείες που θα πρέπει να δημιουργηθούν στη χώρα μας και ο αριθμός τους θα πρέπει το επόμενο διάστημα να ξεπεράσει τις 10.000.

Αυτό δείχνουν πρόσφατες έρευνες, ωστόσο όπως εξήγησε και ο Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής του Διεθνούς Επιστημονικού Πολυσυνεδρίου NANOTECHNOLOGY 2014, καθηγητής Στέργιος Λογοθετίδης , οι καινοτόμες επιχειρήσεις στον τομέα της Νανοτεχνολογίας που ήδη λειτουργούν στη χώρα μας μπορούν να αποτελέσουν μοχλό ανάπτυξης και απορρόφησης νέου εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού. Αντίθετα στη Θεσσαλονίκη, η οποία εξελίσσεται ραγδαία σε NANOTECHNOΛΟΓΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ, οι εταιρείες οργανικών ηλεκτρονικών έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό, δεύτερες έρχονται οι εταιρείες φαρμακευτικών προϊόντων και στην τρίτη θέση οι εταιρείες που παρέχουν προϊόντα καθαρισμού επιφανειών με νανοτεχνολογικά υλικά.

Στο Διεθνές Πολυεπιστημονικό Συνέδριο NANOTECHNOLOGY 2014, στη Θεσσαλονίκη συμμετείχαν περισσότεροι από 1500 ερευνητές από 57 χώρες απ όλο τον κόσμο , παρουσιάστηκαν 750 ερευνητικές εργασίες, πήραν μέρος 140 ερευνητικοί φορείς και 280 Πανεπιστήμια , ενώ παρουσιάστηκαν και 40 ευρωπαϊκά ερευνητικά προγράμματα.

Η Glonatech, με πλήρη επωνυμία, Global Nanotechnologies SA, αποτελεί εταιρεία Spin-Out του ομίλου ONEX HELLENIC και ιδρύθηκε το 2009 με αποκλειστικό αντικείμενο τη Νανοτεχνολογία. Η εταιρεία έχει ως σκοπό την παραγωγή προϊόντων νανοτεχνολογίας (νανοϋλικά) σε εμπορική κλίμακα, καθώς και την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών R&D. Η εταιρεία μας αυτή τη στιγμή εξάγει σε Τουρκία, Ιταλία, Πακιστάν και Γαλλία. Ωστόσο ένα ευρύ δίκτυο συνεργατών σε Η.Π.Α., Σουηδία, Ολλανδία, Αγγλία, Γερμανία, Ισπανία, Κύπρο, Σκόπια και Ρωσία δίνουν την δυνατότητα στηνGlonatech να διευρύνει ακόμα περισσότερο τον κατάλογο των προς εξαγωγή χωρών. Μέχρι το 2015 υπολογίζεται ότι θα έχουν επενδυθεί 6.500.000 ευρώ για την περαιτέρω ανάπτυξη της εταιρείας.

Στη χώρα μας υπάρχουν Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ινστιτούτα τα οποία έχουν έντονη δραστηριότητα στον τομέα της νανοτεχνολογίας καθιστώντας την ενασχόληση κάποιου με αυτή πιο απτή. Τελευταία αρχίζουν να αναπτύσσονται και αρκετές εταιρείες με αποτέλεσμα το αντικείμενο να γίνεται πιο εφαρμοσμένο δίνοντας πλέον στους νέους κάτι περισσότερο από έναν μονόδρομο.

Στο τομέα των υλικών και διεργασιών παραγωγής καταγράφεται σημαντική ερευνητική δραστηριότητα. Είναι χαρακτηριστικό ότι εκδηλώνεται συμμετοχή ελληνικών φορέων στο περίπου 20% των ευρωπαϊκών έργων έρευνας και ανάπτυξης. [54],[55],[56],[57]

Στον ευρωπαϊκό χώρο ο τομέας της νανοτεχνολογίας αποτελεί μία σημαντική επιστήμη όπου έχει δραστηροποιηθεί σημαντικό έρευνητικό έργο και απασχολεί διακεκριμένο επισημονικό προσωπικό. Υπαρχουν οργανωμένα κέντρα νανοτεχνολογίας όπου επιτελούν έρευνες και εφαρμογές πολύ υψηλού κόστους. Οι ανεπτυγμένες χώρες διαθέτουν εργαστήρια και κέντρα νανοτεχνολογικού ενδιαφέροντος και χρηματοδοτούνται από προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, πολλά νανοτεχνολογικά κέντρα συνεργάζονται μεταξύ τους και ανταλλάζουν γνώσεις και αποτελέσματα πειραμάτων και τεχνικών. Μερικά στρατηγικά πλάνα στον ευρωπαϊκό χώρο αποτελούν τα:

- Report on the European Commission's Public Online Consultation TOWARDS A STRATEGIC NANOTECHNOLOGY ACTION PLAN (SNAP) 2010-2015 [58]
- The EU Action Plan for nanotechnologies [59]
- Strategic plan for Niosh Nanotechnology research and Guidance [60]
- Working party of Nanotechnology-Responsible Development [61]
- Action Plan Nanotechnology 2015 (Germany)[62]

4. ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΤΙΡΙΩΝ (3-D printers, leiser cutting, CNC Milling)

Η τρισδιάστατη εκτύπωση αποτελεί ένα τεχνικό ζήτημα όσο αφορά τον οικοδομικό κλάδο με μεγάλες προσδοκίες. Μία καινοτομία που άνοιξε το δρόμο της μορφοποίησης και της τροποποίησης των αντικειμένων γύρω μας. Η πρόσθετη παραγωγή αναφέρεται στη διαδικασία δημιουργίας οποιουδήποτε σχεδόν αντικειμένου στις τρεις διαστάσεις με ποικίλα υλικά. Τις τελευταίες δεκαετίες οι τριδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιήθηκαν από τους μηχανικούς για ταχεία φωτοτύπηση. Με την αύξηση τρισδιάστατων εκτυπωτών χαμηλού κόστους τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία μετατράπηκε σε ένα κίνημα και παράλληλα καταλύτη στη διαταραχή των βιομηχανιών, των επιχειρήσεων και των συμβατικών μεθόδων παραγωγής. Πλέον, τόσο η μεγάλης όσο και η μικρής κλίμακας επιχειρήσεις έχουν διαπιστώσει τη δυνατότητα επένδυσης στη νέα ψηφιακή τεχνολογία της εκτύπωσης. Η αναπτυγμένη τεχνική της τρισδιάστατης εκτύπωσης, έχει οδηγήσει την αρχιτεκτονική ένα βήμα παρακάτω στο τομέα της προκατασκευής και απελευθέρωσε τον αρχιτέκτονα από τα δεσμά των παραδοσιακών τεχνολογιών. Η κεντρική ιδέα και η υπόσχεση παραμένει: η αντικτάσταση ενός τρισδιάστατου σχεδίου ή μέρος αυτού και η άμεση τροποποίησή ή παραγωγή του μέσω ενός εκτυπωτή με απλή διαδικασία. Μέχρι στιγμής, στο πρώιμο στάδιο που βρίσκεται ο αρχιτεκτονικός κόσμος και η κοινωνία, υπάρχει δυσκολία στο να προβλεφθεί η αντίδραση στη καινοτόμο αυτή τεχνολογία. Αυτό είναι το άνοιγμα ενός νέου κόσμου της δημιουργικότητας ενός μέσου καταναλωτή, ένα πρότυπο στην παραγωγική διαδικασία, νέες δυνατότητες στον επιχειρηματικό κλάδο και νέα ζητήματα στους νομοθέτες, τα οποία επιζητούν επιπλέον έρευνα και προσπάθεια.

Κατ'αναλογία με τον επιτραπέζιο εκτυπωτή γραφείου, ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής κτιρίων μπορεί να χρησιμοποιήσει υλικά σε υγρή μορφή με σκοπό να παράγει (εκτυπώσει) ένα κτίριο. Υλικά σε υγρή μορφή μπορεί να είναι είτε της παραπάνω κατηγορίας των εξαιρετικά ελαφριών ανθεκτικών υλικών είτε μπορεί να προέρχονται από συμβατικά υλικά όπως πλαστικό, γυαλί πολυαμιδίου, αλουμίνιο, χάλυβα, φωτοπολυμερή κτλ, έπειτα κατάλληλης επεξεργασίας.

Η μέθοδος της τρισδιάστατης εκτύπωσης κτιρίων είναι τέσσερις φορές πιο γρήγορη από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής ανά τετραγωνικό μέτρο, καθώς επίσης και πιο φθηνή, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο της ψηφιακής κατασκευής ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιπτώσεις επείγουσας κατασκευής κτιρίων όπως σεισμή, πυρκαγιές και άλλες φυσικές καταστροφές. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό είναι μη ανάγκη πρόσληψης εργατικού δυναμικού και η ανησυχία τραυματισμού ή ατυχήματος κατά την ανέγερση μίας κατασκευής.[63],[64]

Μία κινέζικη εταιρεία απέδειξε τις απίστευτες ικανότητες της τρισδιάστατης εκτύπωσης καθώς κατασκεύασε με υπερβολικά ταχείς ρυθμούς δέκα κατοικίες σε λιγότερο από ένα εικοσιτετράωρο. Κτισμένα κατά βάση από ανακυκλώσιμα υλικά, το κόστος των κατοικιών αυτών δε ξεπερνάει τα 5000 \$ δολάρια. Ανοίγεται ένας νέος δρόμος στη μαζική παραγωγή κτιρίων χαμηλού κόστους όπου θα διευκολύνει την στεγαστική κρίση στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Έξω από τα μεγάλα αστικά κέντρα, υπάρχει ακόμα μια μεγάλη ανάγκη για γρήγορη, φθηνή στέγη και η εταιρία δομικών υλικών Winsun έχει κάνει βήματα μπροστά με μια πολύ εντυπωσιακή επίδειξη της ταχείας κατασκευής χρησιμοποιώντας τεχνικές εκτύπωσης 3-D για να χτίσει 10 μικρά σπίτια σε 24 ώρες, χρησιμοποιώντας κυρίως ανακυκλώσιμα υλικά.

Αντί να εκτυπώνονται τα σπίτια σε μία κίνηση, ο Winsun 3-D εκτυπωτής δημιουργεί δομικά στοιχεία από ένα μίγμα τσιμέντου/ γυαλιού τύπου μπλοκ. Το διαγώνια ενισχυμένο σχέδιο εκτύπωσης αφήνει πολλά κενά αέρα για να ενεργήσει ως μόνωση. Αυτά τα μπλοκ είναι τυπωμένα σε ένα κεντρικό εργοστάσιο και ταχέως συναρμολογούνται επί τόπου. Επιπλέον, έχουν αποτελεσματικό κόστος και είναι φιλικά προς το περιβάλλον λόγω των ανακυκλώσιμων δομικών τους στοιχείων.[65]



Εικ. 21. Κατοικία κατασκευασμένη μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης από την εταιρεία Winsun, Κίνα.[66]



Εικ. 22. Προκατασκευασμένα στοιχεία μέσω τρισδιάστατου εκτυπωτή, Κίνα.[67]

Η τεχνική της τρισδιάστατης εκτύπωσης κτιρίων έχει ήδη εφαρμοσθεί σε ορισμένες περιπτώσεις, κάποιες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω. Το πρώτο εμπορικό κτίριο στο κόσμο κατασκευασμένο με τη διαδικασία της ψηφιακής εκτύπωσης είναι το Landscape House στο Άμστερνταμ. Είναι ένα κτίριο που έχει σχήμα της λωρίδας του Möbius, το οποίο σχεδιάστηκε από τον Janjaap Ruijsenaars και εκτυπώθηκε επί τόπου από ένα τεράστιο εκτυπωτή που κατασκευάστηκε από τον Ιταλό Enrico Dini[68]. Αυτό το κτίριο θα παρουσιαστεί σε μία εκδήλωση μέσα στο 2014. Μετά την επιτυχή κατασκευή ενός κάστρου με καινοτόμο τεχνολογία και την ψηφιακή εκτύπωση[69] ο αρχιτεκτονικός κόσμος ετοιμάζεται για την τρισδιάστατη εκτύπωση ενός δυόροφου κτιρίου στη Μινεσότα των Ηνωμένων Πολιτειών όπως επίσης και την εκτύπωση με τα πιο συγχρόνα τεχνολογικά μέσα μια περιοχή δύο χιλιάδων τετρακοσίων (2400) εκταρίων που θα περιλαμβάνουν κτίρια ακόμα και πισίνα.[70]



Εικ. 23. Landscape House[71]



Εικ. 24. Κατασκευή κάστρου μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης και ψηφιακής τεχνολογίας.[72]



Εικ. 25. Ένας από τους μεγαλύτερους τρισδιάστατους εκτυπωτές του Enrico Dini.[73]

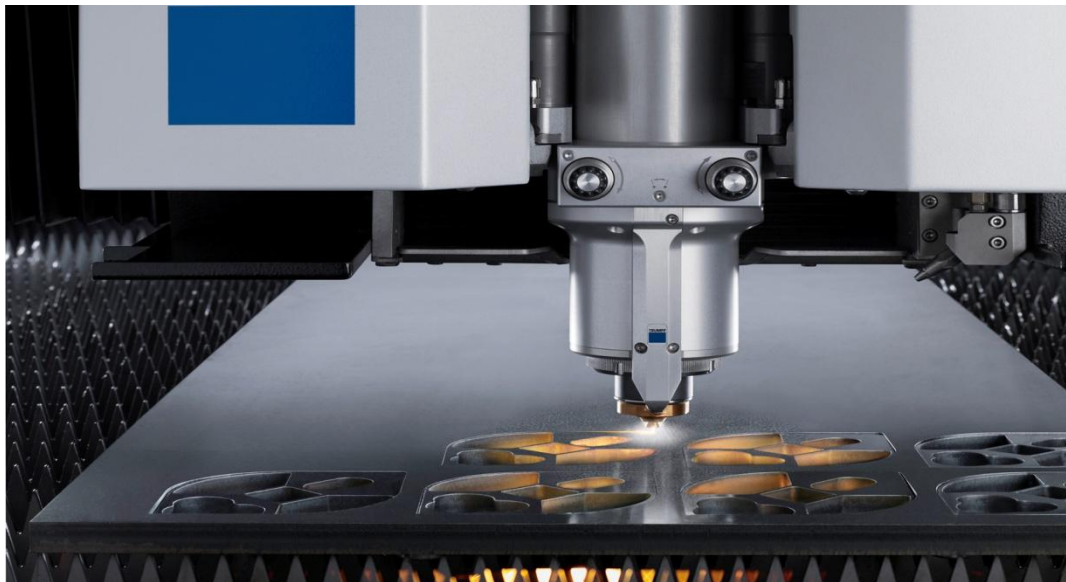
4.1 Leiser cutting – CNC Milling

Η κοπή με λέιζερ (leiser cutting) είναι μία τεχνολογία που χρησιμοποιεί ένα λέιζερ για να κόψει υλικά και χρησιμοποιείται συνήθως για βιομηχανικές εφαρμογές κατασκευής αλλά επίσης ξεκίνησε να χρησιμοποιείται σε σχολεία, πανεπιστήμια, μικρές επιχειρήσεις καθώς και από διάφορους ανθρώπους ως χόμπυ. Η κοπή με λέιζερ λειτουργεί κατευθύνοντας την έξοδο ενός οπτικού λέιζερ υψηλής ισχύος. Τα οπτικά λέιζερ και οι υπολογιστές ψηφιακού ελέγχου (CNC Milling) χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν το υλικό ή τη δέσμη λέιζερ που παράγεται. Ένα τυπικό εμπορικό λέιζερ για την κοπή υλικών θα περιλαμβάνει ένα σύστημα ελέγχου κίνησης για να ακολουθήσει ένα CNC ή G-κώδικα του προτύπου που πρόκειται να κοπεί πάνω στο υλικό. Η εστιασμένη δέσμη λέιζερ κατευθύνεται στο υλικό, το οποίο στη συνέχεια είτε λιώνει, καίγεται, εξατμίζεται μακριά έχοντας ένα άκρο με μία επιφάνεια υψηλής ποιότητας. Βιομηχανικά λέιζερ χρησιμοποιούνται για την κοπή φύλλων επίπεδων υλικών όπως επίσης και δομικά υλικά και υλικά σωληνώσεων.[74]

Η τεχνολογία λέιζερ παρέχει ασυναγώνιστα πλεονεκτήματα για το μοντέλο λήψης αποφάσεων. Είτε πρόκειται για μοντέλα σπιτιών είτε για το μοντέλο σιδηροδρόμων ή αρχιτεκτονικά μοντέλα: Σχεδιάζονται τα σχέδια σε ένα πρόγραμμα CAD, και το λέιζερ θα κόψει με τη μέγιστη ακρίβεια και λεπτομέρεια. Η περικοπή είναι ακριβή και καθαρή – Δεν απαιτείται μεταγενέστερη επεξεργασία.

Για την κοπή με λέιζερ και χάραξη λέιζερ αρχιτεκτονικών μοντέλων χρησιμοποιείται ένα ευρύ φάσμα των υλικών : υφάσματα, συνθετικά υλικά, ξύλο, καπλαμά, MDF, PMMA, χαρτόνι, χαρτί, αφρός, πολυστυρένιο, φύλλα και ταινίες, ακρυλικά, πλαστικά, και πολλά άλλα.[75]

Ο Αριθμητικός έλεγχος (NC) είναι η αυτοματοποίηση των εργαλειομηχανών που λειτουργούν με ακρίβεια προγραμματισμένων εντολών και κωδικοποιούνται σε ένα μέσο αποθήκευσης, σε αντίθεση με ελεγχόμενη χειροκίνηση μέσω τροχών χεριού χέρι ή μοχλούς. Οι περισσότεροι NC σήμερα είναι οι υπολογιστές ψηφιακού ελέγχου (Computer Numerical Control), στην οποία οι υπολογιστές παίζουν αναπόσπαστο μέρος του ελέγχου. Στα σύγχρονα συστήματα ψηφιακού ελέγχου χρησιμοποιούνται σχέδια τύπου CAD (computer-aided design) είτε προγράμματα με τη βοήθεια υπολογιστή παραγωγής σε σχέδια CAM (computer-aided manufacturing). Τα προγράμματα παράγουν ένα αρχείο υπολογιστή που ερμηνεύεται να εξάγει τις εντολές που απαιτούνται για να λειτουργήσει ένα συγκεκριμένο μηχάνημα μέσω ενός επεξεργαστή και στη συνέχεια φορτώνεται σε μηχανές CNC για την παραγωγή. Δεδομένου ότι οποιοδήποτε συγκεκριμένο εξάρτημα θα μπορούσε να απαιτεί τη χρήση ενός αριθμού διαφορετικών εργαλείων - τρυπάνια, πριόνια, κλπ, τα σύγχρονα μηχανήματα συχνά συνδυάζουν πολλαπλά εργαλεία σε ένα ενιαίο "κύτταρο". Η σειρά των βημάτων που απαιτούνται για να παράγουν οποιοδήποτε μέρος είναι ιδιαίτερα αυτοματοποιημένη και παράγει ένα μέρος που ταιριάζει με τον αρχικό σχεδιασμό CAD.[76]



Εικ. 26. Κοπή με λέιζερ[77]



Εικ. 27. Μοντέλο κοπής με λέιζερ που δίχνει τις διαδρομές πεζών και ποδηλατών μιας γέφυρας στη Κίνα.[78]

4.2 Περιορισμοί ψηφιακών διαδικασιών εκτύπωσης - Περιβαλλοντικός αντίκτυπος

Το μεγαλύτερο εμπόδιο της χρήσης των ψηφιακών διαδικασιών για παραγωγή κτιρίων είναι το συνολικό οικοσύστημα, το οποίο δεν έχει ωριμάσει ακόμα. Η κοινωνία παρά τις προσπάθειες της να εισαχθεί στο ψηφιακό κόσμο και στις εφαρμογές του δυσκολεύεται να ενσωματώσει την εξαιρετική αυτή τεχνολογία. Παρά το γεγονός των εκατοντάδων επιλογών των τρισδιάστατων μοντέλων δεν έχουν όλα βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα και πολλά θα εγκαταλειφθούν στο μέλλον. Οι εκτυπωτές δεν είναι ακόμη πλήρως προσιτοί και λειτουργικοί, κάτι το οποίο θα κρατήσει τη βιομηχανία σε χαμηλά επίπεδα. Το λογισμικό είναι ακόμη συγκεχυμένο και αρκετές φορές δεν είναι συμβατό με το μοντέλο και τον εκτυπωτή.

Παρά τα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης η τεχνική έχει επίσης οικολογικές αποτυχίες όπως η υπέρογκη κατανάλωση ενέργειας, υπερβολικός θόρυβος κατά τη διαδικασία της παραγωγής, τοξικότητα, καθώς και πιθανή σπατάλη των υλικών χρήσης.

Η τοξικότητα συνδέεται με τη διαδικασία υγροποίησης των υλικών και με τις παραχθείσες αναθυμιάσεις, οι οποίες πλήττουν την υγεία του εργοτεχνικού προσωπικού. Η επιλογή σωστών και κατάλληλων υλικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει και συμβάλλει στη μείωση της τοξικότητας, στη κατανάλωση ενέργειας και αποβλήτων. Κάποια υλικά, όπως τα μέταλλα, απαιτούν υπερβολική θέρμανση για να λιώσουν αυξάνοντας την ενέργεια που απαιτείται συγκριτικά με άλλα υλικά όπως τα πλαστικά, ξύλο κτλ. Ενώ οι περισσότεροι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν πλαστικά, υπάρχει μια πλειάδα υλικών όπως γυαλί, άμυλο, γύψο, κεραμικά, κτλ, κατάλληλα για χρήση με τέτοιους εκτυπωτές.

Ένα άλλο ερώτημα παραμένει η διαθεσιμότητα και η μεταφορά των πρώτων υλών, όπως επίσης ανησυχία μπορεί να επιφέρει η ελλιπής εκπαίδευση των μηχανικών και των εργατών.

Εκπαίδευση και επιμόρφωση των μηχανικών μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας με την διαλογή και το λίκσιμο κατάλληλων υλικών, καθώς και μείωσης των αποβλήτων.

Ο θόρυβος και η απόσβεση των κραδασμών των εκτυπωτών παραγωγής κτιρίων και των μηχανημάτων κοπής απαιτεί κατάλληλη προσοχή από μέρους των ακουστικολόγων-σχεδιαστών με στόχο την κατασκευή εκτυπωτών χαμηλότερης στάθμης θορύβου. Άλλα μέτρα προστασίας από τον θόρυβο είναι, ηχοπετάσματα, περιβλήματα στις κρίσιμες περιοχές μηχανημάτων, κ.λ.π.[79],[80]

5. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ, ΜΕΣΩ ΨΗΦΑΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Οι αναδύομενες ανάγκες του βεβαρημένου αστικού τοπίου σε συνδυασμό με την αλλαγή των κλιματολογικών δεδομένων στο άμεσο μέλλον αποτελούν μία πρόκληση για την κοινότητα των αρχιτεκτόνων και της κατασκευής. Τα παραδοσιακά σχεδιαστικά μοντέλα των τελευταίων ετών δε συμβαδίζουν πλέον με τις συνεχείς μεταβαλλόμενες ανάγκες των πόλεων. Απαιτείται βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς και του μεταβολισμού του δημόσιου και ιδιωτικού χώρου με τη χρήση νέων τεχνολογιών και μοντέλων σχεδιασμού.

Παράμετροι όπως οι πολιτισμικές ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, το μικροκλίμα κάθε τόπου, ενημερώνουν το αντικείμενο του σχεδιασμού σε πραγματικό χρόνο. Η μορφή δεν αποτελεί πλέον στολίδι ως αρχιτεκτονική λεπτομέρεια, αλλά απαραίτητο συστατικό του συνόλου της κατασκευής. Η μορφή των κατασκευών και τα σύγχρονα δομικά υλικά έχουν αναπτύξει πλέον μια δυναμική σχέση, η οποία φιλτράρεται και τροφοδοτείται διαρκώς από ψηφιακά και φυσικά πειράματα. Οι βάσεις των δεδομένων εισάγονται στο αλγοριθμικό μοντέλο που περιγράφει τα σχεδιαστικά βήματα και τις συνθετικές δομές του αρχιτεκτονικού έργου. Όλα αυτά συμβαίνουν σε ένα διαδραστικό περιβάλλον όπου συνεχώς μεταβλητές και παράμετροι αλλάζουν έστω και στον ελάχιστο βαθμό.

Σχεδιάζονται πληθυσμοί λύσεων και επαληθεύονται οι συμπεριφορές των εκάστοτε λύσεων μέσω των υπολογιστών. Επίσης, η επιλογή των κατάλληλων περιβαλλοντικών παραμέτρων καθορίζουν τις σχέσεις των λειτουργικών και δομικών στοιχείων μιας κατασκευής. Η ένταξη του σχεδιασμού στο γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής εξυπηρετεί σε κάθε περίπτωση τη λειτουργία που επιλέγει ο αρχιτέκτονας ή ο χρήστης.

Στη ψηφιακή σχεδίαση δεν αποτυπώνουμε μόνο μια αναπαράσταση του προς κατασκευή χώρου αλλά συγχρόνως ενσωματώνουμε στο ψηφιακό αρχείο τις ιδιότητες του υλικού, τις τεχνικές εφαρμογής του, των επιδόσεων του, των κατασκευαστικών λεπτομερειών του. Πρέπει να κατανοήσουμε βαθύτερα τις ιδιότητες του και τις ενδεχόμενες μεταβολές του. Τα νέα ψηφιακά μέσα μας οδηγούν σε μία εμβάθυνση στην κατανόηση της πολύπλοκης φύσης των υλικών και μας τα επανεισάγουν δυναμικά μέσα στην ίδια τη διαδικασία δημιουργίας αρχιτεκτονικών μορφών ως καθοριστικών παραμέτρων της μορφής και της κατασκευής. Παράλληλα, η δυνατότητα διαχείρισης πολύπλοκων σχέσεων μας οδηγεί σε μία συμφιλίωση με την πολυπλοκότητα που μέχρι τώρα η στρατηγική με την οποία την προσεγγίζαμε ήταν η εξουδετέρωση της μέσα από απλοποιήσεις, αφαιρέσεις, σταθερές και δομικές ιεραρχήσεις.

Στη πραγματικότητα, σύνθετες μεταβλητές σχεδιασμού όπως, ιδιότητες των υλικών, διαθεσιμότητα, σχεδιαστικές λεπτομέρειες, συμπεριφορά, απόδοση, συνοχή με άλλα δομικά υλικά, οικονομία κτλ, έχουν αλληλεπιδράσει στη σύγχρονη σχεδιαστική διαδικασία, επιτρέποντας μία ενεργή σχέση μεταξύ επιτελεστικών κριτηρίων και σχεδιασμού. Κάτω από αυτές τις

συνθήκες, τα καινοτόμα δομικά υλικά για παράδειγμα με τις διευρημένες μηχανικές τους δυνατότητες, επιτρέπουν τη δημιουργία νέων μορφών.[81]

Προφανώς, οι παλαιότερες παράμετροι που διέπουν τη μεταμοντέρνα αρχιτεκτονική κουλτούρα, δίνουν την θέση τους σε μία νέα προσέγγιση στο σχεσιασμό, σκεπτόμενοι σε όρους υλικής συμπεριφοράς. ‘ Νέος Υλισμός’ ή ‘ Ψηφιακός Υλισμός’ είναι οι λέξεις που μπορούν να περιγράψουν αυτή τη νέα προσέγγιση, γεγονός που ωθεί τα όρια του αρχιτεκτονικού ήθους πέρα από τις ρίζες του παλιού μοντερνισμού.

Έχει δημιουργηθεί μία νέα γενιά κτιρίων που αποτελεί πραγματικά εκπληκτικά αρχιτεκτονήματα που δύσκολα θα βρει κανείς στο κόσμο. Μέσα από αυτά οι παλαιές παράμετροι που κυριαρχούσαν στο μεταμοντερνισμό απομακρύνονται δίνοντας μία καινοτόμα φιλοσοφία στο σχεδιασμό κτιρίων. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στη στάση που τηρείται απέναντι στη δομή και στη διακόσμηση. Αναπτύσσεται μία νέα εκφρασητικότητα όπου η δομή δεν είναι πλέον υποδεέστερη της διακόσμησης κρυμμένη πίσω από την επιφάνεια και η πρόσοψη δε κυριαρχείται πλέον από τη λογική του υαλοπίνακα. Η δομή πλέον εκφράζεται στο εξωτερικό και συμπεριφέρεται ως μία μορφή διακοσμήσεως. Η σχέση ανάμεσα στη δομή και στη διακόσμηση αναμορφώνεται έτσι ώστε η δομή να αποτελεί διακόσμηση και η διακόσμηση να αποτελεί δομή. Τροφοδοτούνται η μια μέσα από την άλλη και ανταλλάζουν πληροφορίες.

Διαρκώς αυξανόμενο είναι το ενδιαφέρον για την κατασκευαστική επίδοση. Επίσης, η κατασκευαστική αποδοτικότητα διαδραματίζει ολοένα και πιο σπουδαίο ρόλο στις προοδευτικές ομάδες των αρχιτεκτόνων. Συμπληρωματικά με αυτό το ενδιαφέρον η περιβαλλοντική παράσταση ενός κτιρίου αποτελεί μονόδρομο. Εφύη κτίρια μπορούν να μειώσουν την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών με αποτέλεσμα μειωμένη κατανάλωση ενέργειας στο περιβαλλοντικό σχεδιασμό. Σκοπός είναι η παρόρμηση χρήσης υλικών και λιγότερων αποβλήτων. Αυτή η ανησυχία οδήγησε στην ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των υλικών και της συμπεριφοράς τους.

Οικοδομικοί, κατασκευαστικοί, οικονομικοί, περιβαλλοντικοί και άλλοι παράμετροι αποκτούν πρωταρχικό ρόλο και εισάγονται ως δεδομένα στο σχεδιασμό. Η αρχιτεκτονική παύει να είναι πλέον απορροφημένη από την εμφάνιση και τη φινέτσα. Καταβάλεται προσπάθεια να προσεγγιστεί η αρχιτεκτονική με μία πιο υποκειμενική και ηθική προσέγγιση, όπου η αποτελεσματική χρήση των υλικών να αντικαταστήσει την αισθητική απόλαυση ενός έργου. Η εποχή της θεωρίας έχει πεθάνει στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και την θέση της έχει πάρει ένας νέος κλάδος θεωρητικής προσέγγισης αυτός που συνδέει ταυτόχρονα επιστήμη, τεχνολογία και συμπεριφορές υλικών. Μία προγραμματιστική αρχιτεκτονική αποτέλεσμα ανταγωνιστικών δυνάμεων, ανθρωπίνων συνηθειών και νέων υιοθετήσεων. Οι αρχιτέκτονες του Νέου Υλισμού αποτελούν τους διαχειριστές της μορφογένεσης όπου ακολουθείται μία διαδικασία από κάτω προς τα πάνω στην οποία το βασικότερο αντικείμενο είναι η εύρεση κατάλληλων δομικών σχηματισμών.

Η αξία ενός κτιρίου έγκειται στη δυνατότητα του να μεταφέρει τον άνθρωπο σε ένα νέο μέρος, να επηρεάσει τα συναισθηματά του και να βιώσει μία εμπειρία σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο με ένα μοναδικό τρόπο. Εκεί στοχεύει η σύγχρονη αρχιτεκτονική, στην εκμετάλλευση του φυσικού περιβάλλοντος (φυσική ηλίαση, φυσική ψύξη-θέρμανση κτλ) και στη διερεύνηση της υλικότητας και των δομών. Τα μοντέρνα κτίρια θα αποτελέσουν ένα εργαλείο όπου θα αναδειχθεί η ομορφιά του εκάστοτε τόπου καθώς και δυναμικές οντότητες που μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε καλύτερα τη θέση μας στο κόσμο.[82]

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί ο Aqua Tower στο Σικάγο των Ηνωμένων Πολιτειών. Ένα κτίριο σύμφωνο με το νέο κύμα των δημιουργικών μορφών, το οποίο εμπλέκει τα ψηφιακά σχεδιαστικά εργαλεία και τα περιβαλλοντικά ζητήματα αρμονικά, δημιουργώντας μία αρχιτεκτονική που είναι καλαίσθητη και παράλληλα ουσιώδη. Η μορφή των μπαλκονίων είναι κυμματιστή εξυπηρετώντας πολλαπλούς σκοπούς. Κρατώντας την μορφή του κτιρίου σχετικά απλή και χειριζόμενοι τα μπαλκόνια με κυματοειδή μορφή δημιουργείται μία πανίσχυρη εικόνα η οποία ωστόσο ανταποκρίνεται στον ηλιακό προσανατολισμό.

Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα κομψών σχεδίων όπου εμπλέκεται η ψηφιακή τεχνολογία με ιδιαίτερη έμφαση στην υλικότητα και στη χειροτεχνία είναι έργα της εταιρείας Lewis Tsurumaki . Οι Έλβετοι αρχιτέκτονες Gramazio & Kohler κάνουν χρήση ρομποτικής συναρμολόγησης μέσω της ερευνητικής τους προσπάθειας στο ΕΤΗ Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης, δημιουργώντας εξαιρετικές πλινθοδομές βασισμένες σε μοντέλα υπολογιστών δημιουργώντας συμπαγείς τοίχους που ρέουν σαν ύφασμα και έχουν εκπληκτική διαύγεια. Μέσω τέτοιων προσπαθειών γεφυρώνεται το κενό ανάμεσα στη προηγμένη τεχνολογία των κατασκευών και την υλικότητα και μοναδικότητα των κτιρίων. [83]

Σε ένα άρθρο με τίτλο ‘Νέος Υλισμός’, παρουσιάζεται η εξαιρετική καινοφανή αρχιτεκτονική του Πεκίνου στου Ολυμπιακούς Αγώνες

Ο Νέος Υλισμός αντιπροσωπεύεται μέσα από τη δουλειά και το έργο προοδευτικών αρχιτεκτονικών γραφείων και εταιρειών όπως OMA, LAVA, TOYOTO η’ Asoociates κτλ. Μερικά από τα πιο εντυπωσιακά παραδείγματα, τα οποία αποτελούν πρότυπα του Νέου Υλισμού είναι :

- <Η Φωλιά του Πουλιού>, Ολυμπιακό Στάδιο Πεκίνου (κατασκευάστηκε από Arup Herzog & De Meuron Architekten AG, China Architecture & Research Group)
- <Ο Κύβος του νερού>, Ολυμπιακό Κέντρο Υγρού Στίβου (κατασκευάστηκε από PTW Architects), επίσης στο Πεκίνο ,τα οποία ανεγέρθηκαν για τους Ολυμπιακούς Αγώνες το 2008. [84]



Εικ. 28. <Φωλιά του Πουλιού>, Εθνικό Ολυμπιακό Στάδιο Πεκίνου, Κίνα.[85]



Εικ. 29. <Ο κύβος του νερού>, Εθνικό Ολυμπιακό Στάδιο Υγρού Στίβου στο Πεκίνο, Κίνα.[86]

Επίσης, οι νέες ψηφιακές δυνατότητες μας επιτρέπουν μία βαθύτερη κατανόηση της πολύπλοκης φύσης των υλικών. Παρέχουν στο σχεδιαστή την ικανότητα να χρησιμοποιεί-χειρίζεται-απασχολεί-διαχειρίζεται τα υλικά κατάλληλα με σκοπό να συνάψει

βελτιστοποιημένες μορφές και κατασκευές. Η ψηφιακή παραγωγή των μορφών, επιτρέπει προσαρμοσμένες λύσεις σε προσωπικές ανάγκες και συνθήκες.

Η κοινωνία, οι ανάγκες της και οι επικρατούσες συνθήκες στο 21 αιώνα που διανύουμε οδήγησαν σε αναθεώρηση του τρόπου σκέψης και προβλέπεται επιστροφή στη κομψότητα του σχεδιασμού. Η κομψότητα απουσίαζε την τελευταία δεκαετία με την προσπάθεια των αρχιτεκτόνων να κατασκευάζουν κτίρια μεταλλικά, άκομψα, να προσπαθούν να εντυπωσιάσουν με τον όγκο, το ύψος και τα υπέρογκα κόστη τα δισεκατομμυρίων. Η αρχιτεκτονική είναι μία τέχνη που επιδρά αργά στη ψυχή μιας κοινωνίας και την επηρεάζει. Αναδύεται ένας νέος κόσμος όπου το αρχιτεκτονικό λεξιλόγιο έχει εμπλουτιστεί και μπορεί να επιφέρει τεράστιες ουσιαστικές αλλαγές στο δομημένο περιβάλλον.

5.1 Μέθοδοι αξιολόγησης περιβαλλοντικού αντίκτυπου

Στη σφαίρα του ενδιαφέροντος για την πρόβλεψη των περιβαλλοντικών κινδύνων και αποτυχιών των δομικών υλικών, έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες μέθοδοι μέσω σχετικής έρευνας.

5.1.1 Μέθοδος πολυτεχνείου Καταλονίας

Μία από αυτές τις μεθόδους προτάθηκε από το πολυτεχνείο της Καταλονίας. Αυτή η μέθοδος καταφέρνει να εκτιμήσει τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο κατά την διάρκεια της κατασκευής των κτιρίων. Αφορά τριάντα επτά διαφορετικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι έχουν κατηγοριοποιηθεί στους παρακάτω 9: εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα, διαρροές νερού, παραγωγή αποβλήτων, ρύπανη του εδάφους, κατανάλωση πόρων, τοπικές επιπτώσεις, επιπτώσεις που σχετίζονται με την μεταφορά, επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και επείγοντα περιστατικά και ατυχήματα. Αυτή η πληροφορία βοηθάει στη περιβαλλοντική διαχείριση των διαδικασιών της κατασκευής καθώς και να συμπεριλάβει περιβαλλοντικές βελτιώσεις και την πρόληψη προστατευτικών μέτρων. Για αύξηση του επιπέδου της ακρίβειας, οι ερευνητές υποδιαίρεσαν αυτές τις κατηγορίες σε συγκεκριμένες επιπτώσεις, λόγω χάρη οι εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα περιλαμβάνουν 2 περιβαλλοντικές επιπτώσεις : παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και εκπομπές που αποτελούνται από πτητικές οργανικές ενώσεις και χλωροφθοράνρακες.

Η μέθοδος έχει ταξινομήσει τους παράγοντες αυτούς ανάλογα με το είδος και το μέγεθος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων: για παράδειγμα η ταξινόμηση ξεκινάει από το 'μη υπάρχον', 'σχεδόν σημαντικό', 'ελάχιστα σημαντικό' έως 'υψηλής σημασίας'. Η εγκυρότητα της μεθόδου έχει πιστοποιηθεί μέσω μετρήσεων και δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερα δομικά έργα. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εταιρείες και γραφεία μελετών, οι οποίοι

επιθυμούν να επιτύχουν ένα πιο σίγουρο περιβαλλοντικό αποτέλεσμα υπό την προϋπόθεση διεθνών κανονισμών ή τοπικών κανονισμών των κοινοτήτων.

Η κατάσταση μέτρησης του έργου περιλαμβάνει και άλλες χρήσιμες πληροφορίες όπως η ποσότητα θιξοτροπικού μίγματος-λάσπης στην επιτόπου κατασκευή ως ένδειξη περιβαλλοντικής επίπτωσης. [87]

5.1.2 Μέθοδος B-Path

Μία άλλη μέθοδος, ένα ισχυρό εργαλείο λογισμικού, είναι το B-PATH από το Εθνικό Εργαστήριο του Μπέρκλεϋ των Ηνωμένων Πολιτειών, η οποία συγκεντρώνει την προσπάθεια της στη αποτίμηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου των δομικών κατασκευαστικών υλικών στα εμπορικά κτίρια. Η μέθοδος επιτρέπει στους σχεδιαστές και κατασκευαστές να εκτιμήσουν την ενέργεια, τους πόρους και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τη παραγωγή των δομικών υλικών και επιπτώσεις στη χρήση της ενέργειας ενός κτιρίου κατά τη λειτουργία του. Επιπροσθέτως, τις επιπτώσεις όταν το κτίριο κατεδαφιστεί πλήρως και τα συστατικά που θα επαναχρησιμοποιηθούν, θα ανακυκλωθούν ή θα διατεθούν. Αφορά ολόκληρο το κύκλο ζωής του κτιρίου.

Ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός κτιρίου σε όλη τη διάρκεια ζωής του αποτελεί έναν πολλά υποσχόμενο τρόπο μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου.

Το κλειδί είναι να έχει ένα εργαλείο που στηρίζεται στην ορθή επιστημονική τεκμηρίωση για να εκτελέσει μια ανάλυση κύκλου ζωής-τεχνικές μοντελοποίησης και συστήματα δεδομένων μάζας και ενέργειας για την εκτίμηση των εισροών των καυσίμων, των υλικών και των πόρων καθώς και των εκροών των αποβλήτων και ρυπαντών.

Η δομή ενός εμπορικού κτιρίου από χάλυβα ή σκυρόδεμα χρησιμοποιεί μεγάλη ποσότητα υλικών που απαιτεί υψηλή ενέργεια ανά βάρος κατασκευής από ότι οποιοδήποτε άλλου στοιχείου του κτιρίου.

Στο τελικό στάδιο του κύκλου ζωής ενός κτιρίου, στη κατεδάφιση του και απομακρύνση των υλικών του, η μέθοδος B-PATH βοηθάει στην απόφαση πως η βελτιωμένη επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση θα μπορέσει να μειώσει τα ενεργειακά κόστη των δομικών υλικών στα νέα κτίρια. Κάνοντας χρήση των σωστών δομικών υλικών για μεγιστοποίηση της επανάχρησιμοποίησης και ανακυκλωσιμότητας βοηθάει στη μείωση της ενέργειας, διότι χρησιμοποιώντας ανακυκλώσιμα δομικά υλικά απαιτεί λιγότερη ενέργεια από την παραγωγή νέων κατασκευαστικών υλικών. Τα υλικά περιλαμβάνουν σκυρόδεμα, χάλυβα και ξυλεία από τα στάδια της παραγωγής, μεταφοράς, κατασκευής και τέλος ζωής τους.

Οι χρήστες μπορούν να διαμορφώσουν παραλλαγές σε οδούς παραγωγής που προκύπτουν ως αποτέλεσμα των διαμορφώσεων της αλυσίδας εφοδιασμού, των γεωγραφικών θέσεων των φυτών, της τεχνολογίας των φυτών, μείγματα καυσίμων, logistics και χαρακτηριστικά των υλικών που μπορούν να είναι μοναδικά για τις τοπικές και περιφερειακές αλυσίδες εφοδιασμού.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρέχουν στους χρήστες μία εκτίμηση της ενέργειας του κύκλου ζωής των υλικών και του αποτυπώματος των αερίων του θερμοκηπίου. Από την μοντελοποίηση των διαφορετικών σεναρίων, οι χρήστες μπορούν να προσδιορίσουν την βέλτιστη στρατηγική για καλύτερη μείωση του ενεργειακού κόστους και μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επίπτώσεις προτού καν κατασκευαστεί ένα κτίριο.

Δυστυχώς, ο περιορισμός σε αυτές τις μεθόδους, βρίσκεται στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα τους και οι προβλέψεις τους βασίζονται σε δεδομένα του έργου. Οι ιδιότητες των νέων καινοτόμων υλικών δεν έχουν κατανοηθεί ακόμα πλήρως με αποτέλεσμα την αδυναμία εισαγωγή τους στα μοντέλα προσωμοίωσης και πρόβλεψης.[88]

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μερικές από τις έξυπνες ιδιότητες των δομικών υλικών προερχόμενων από υπολογιστικές διεργασίες και σχετικές τεχνικές, έχουν απεικονιστεί παραπάνω. Επίσης, έχουν αναφερθεί ορισμένοι τρόποι με τους οποίους τα εξεταζόμενα υλικά και τεχνικές μπορεί να αποδειχτούν τοξικά καθώς και σχετικές ερευνητικές προσπάθειες και πολιτικές ώστε να αντιμετωπιστούν καλύτερα τα προκύπτοντα προβλήματα.

Το πρώτο στρατηγικό σχέδιο για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα παρουσιάστηκε πολύ πρόσφατα και αντιμετωπίζει σημαντικές πλευρές οι οποίες αφορούν, μεταξύ άλλων εφαρμογών και την οικοδομική βιομηχανία.

Προστατευτικά μέτρα, πρότυπα, κανονισμοί, συστάσεις και επιμορφωτικά σεμινάρια εκπαίδευσης αρχιτεκτόνων, μηχανικών, εργατών κτλ είναι μεταξύ των πολιτικών οι οποίες απαιτούνται να αντιμετωπίσουν την τοξικότητα των νανουλικών., τα οποία περιλαμβάνονται στους στόχους των στατηγικών σχεδίων.

Το στρατηγικό σχέδιο των Ηνωμένων Πολιτειών σκοπεύει να υποστηρίξει την έρευνα της νανοτεχνολογίας, το οποίο φέρει την ευθύνη να παρέχει στη κοινωνία και στη οικοδομική βιομηχανία απαντήσεις σε ερωτήματα όπως:

- Επιτρεπτό όριο της περιεκτικότητας των νανουλικών σε ένα κτίριο ή σε σχετικές τεχνικές, με σκοπό να αποτρέψει την απευθείας έκθεση των τοξικών νανοσυστατικών στο περιβάλλον
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέραν της ενεργούς ζωής του κτιρίου, δεδομένου ότι είναι δύσκολη η απομάκρυνση και ο διαχωρισμός των νανοουσιών από τα δομικά απόβλητα.
- Οι εργαζόμενοι ή και οι χρήστες των νανοπροϊόντων βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο
- Άγνωστο όριο ανοχής του ανθρώπινου σώματος σε δεισδούμενα νανοσωματίδια

Παρά το γεγονός του πρώιμου σταδίου, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι πολιτικές διαχείρισης και ελέγχου των κινδύνων είναι στο δρόμο. Μέχρι εκείνη την ώρα ωστόσο, μέχρις ότου κατανοηθεί πλήρως η φύση των κινδύνων, όπως επίσης και προστατευτικές πολιτικές που πρέπει να αναπτυχθούν, η χρήση των υλικών και των συγχρονών ψηφιακών τεχνολογιών οφείλουν να προσαρμόζονται και να πλαισιώνονται σε ένα ορθολογιστικό και ηθικό πλαίσιο, με σκοπό την περαιτέρω ανάπτυξη τους αποφεύγοντας τον οποιονδήποτε κίνδυνο για τους χρήστες. Με γνώμονα και βασικό άξονα τα παραπάνω, η νανοτεχνολογία είναι ικανή να αποτελέσει όφελος τόσο στη κοινωνία όσο και στη κτιριακή υποδομή καθώς και να βελτιώσει το περιβάλλοντα χώρο σε ποικίλους τομείς όπως μείωση βάρους κατασκευών, εξοικονόμηση ενέργειας, καθαρότερο περιβάλλον κτλ.

Έλεγχος του ενθουσιασμού της επισπευμένης διάθεσης τέτοιων υλικών στην αγορά και στο εμπόριο προς μεγιστοποίηση οικονομικών κεφαλαίων.

Αναφερόμενοι στην τοξικότητα των υλικών της ψηφιακής τεχνολογίας παρά τη συστηματική έρευνα, πολλές ερωτήσεις παραμένουν αναπάντητα. Παραδείγματα είναι τα παρακάτω:

Οι επιστήμονες έχουν πλήρη επίγνωση των άνωθεν κινδύνων. Ως αποτέλεσμα, έχουμε την ανάπτυξη προστατευτικών μέτρων όπως του στρατηγικού σχεδίου των Ηνωμένων Πολιτειών. Προφανώς, τα ερωτήματα περί της ηθικής του μηχανικού διαρκώς αυξάνουν και καλούν την υιοθέτηση ορισμένων κριτηρίων πριν από την εμπορική χρήση τέτοιων δομικών υλικών και τεχνικών. Τέτοια κριτήρια, μπορεί να είναι της μορφής Προτύπων, Κανονισμών και Συστάσεων κτλ και να φέρουν την κοινωνία ένα βήμα πιο κοντά στο πρόβλημα αντιμετώπισης της τοξικότητας.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο αφορά την κατάρτιση και εκπαίδευση των μηχανικών και των εργατών, οι οποίοι έχουν ενεργή συμμετοχή στη παραγωγική διαδικασία και στο ψηφιακό σχεδιασμό της κατασκευής. Για παράδειγμα, η χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών και η επιλογή των κατάλληλων υλικών, πρέπει να προσεγγιστεί με με ιδιαίτερη προσοχή για αποφυγή αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα πανεπιστήμια και όχι μόνο, οφείλουν να αναθεωρήσουν τα προγράμματα σπουδών τους ώστε να ενσωματώσουν αυτές τις νέες απαιτήσεις στο οικοδομικό σχεδιασμό και στη παραγωγική διαδικασία. Η βιομηχανία και η εκπαίδευση, συμπεριλαμβάνοντας δημόσια σχολεία, κοινοτικά κολλέγια και πανεπιστήμια πρέπει να ανταποκριθεί στην αλλαγή στη δυναμική-σύνθεση του εργατικού δυναμικού. Αυτό σημαίνει να αναβαθμιστεί το πρόγραμμα σπουδών ώστε να ταιριάζει με τις αλλαγές της κοινωνίας και ειδικότερα στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας και στους μηχανικούς κλάδους. Έχοντας οργανωμένη εκπαίδευση ή εκπαιδευτικά συστήματα στους σπουδαστές των πανεπιστημίων και στους ερευνητές των εργαστηρίων αποτελεί παράγοντα κλειδί στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της νανοτεχνολογίας και γενικότερα της ψηφιακής τεχνολογίας. Η εκπαιδευτική διαδικασία ακολουθεί την ερευνητική διαδικασία της νανοτεχνολογίας. Ένας από τους πιο σημαντικούς λόγους είναι η έλλειψη πληροφορίας για την τοξικότητα από την παραγωγή και εύκολα διαχειρίζεται με κατάλληλο εξοπλισμό και πληροφόρηση. Δημιουργώντας και αναπτύσσοντας τάξεις με αντικείμενο την νανοτεχνολογία, παρέχοντας σεμινάρια και συνέδρια για την νανοασφάλεια μπορεί όχι μόνο να επωφελήσει τις σπουδαστές των πανεπιστημίων αλλά επίσης μηχανικούς και επιστήμονες της βιομηχανικής παραγωγής διαφόρων κλάδων. Για έναν νέο ερευνητή που θα διαχειρίζεται υλικά στη νανοκλίμακα οφείλει να έχει εκπαιδευτεί με μία γενικότερη σειρά μαθημάτων ασφαλείας. Σημαντική είναι η συνεισφορά των εκπαιδευτικών βιβλίων, κειμένων και άρθρων στην εκπαίδευση και πληροφόρηση όλων των ενδιαφερομένων κλάδων του αντικειμένου των καινοτόμων δομικών υλικών. Μερικά χαρακτηριστικά βιβλία αποτελούν τα ακόλουθα :

- Skins, Envelopes and Enclosures. Concepts for Designing Buildings Exteriors
- Environmental Impact of Materials. Floor Finishes

- Environmental Impact of Biomaterials and Biomass
- Materials for Architects and Builders
- Materials for Engineers and Technicians
- Construction Materials and Reference Book
- Nanoscale. Issues and perspectives for the Nano Century
- Materials, Structures, and Standards: All the Details Architects Need to Know But Can Never Find
- Toxicity of building materials
[89],[90]

Ωστόσο από τα παράπανω επιστημονικά βιβλία λιγοστά είναι εκείνα όπου υπάρχει εκτενής αναφορά στη τοξικότητα των υλικών και τον βαθμό επικινδυνότητας για το περιβάλλον.

Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης αποτελούν ένα ιδανικό τρόπο ώστε να διαδώσουν τις πληροφορίες της επιστήμης του 21^{ου} αιώνα και να παρέχουν στο κοινό όλα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των προϊόντων της νανοτεχνολογίας.

Η ενσωμάτωση και η εισαγωγή των νέων αυτών τεχνολογιών είναι στην ευθύνη του σύγχρονου αρχιτέκτονα, ο οποίος καλείται να συντονίσει την παραγωγή κτιρίων από το σχεδιασμό, το κύκλο ζωής του έργου και τη διαχείριση μετά το πέρας ζωής του. Προφανώς αυτό απαιτεί την ακεραιότητα μέσα σε μια διεπιστημονική ομάδα, η οποία εμπλέκεται στη διαδικασία. Ο αρχιτέκτονας έχει την ευθύνη να συντονίζει την παραγωγή κτιρίων από τη δημιουργία έως το κύκλο ζωής των κτιρίων. Αυτό απαιτεί ακεραιότητα μέσα σε μία διεπιστημονική ομάδα στην οποία ο αρχιτέκτονας έχει 'βαρύ' προνόμιο να συντονίζει.

Ερευνητικές προσπάθειες όπως επίσης και η εφαρμογή των αποτελεσμάτων στη διαδικασία παραγωγής και κατασκευής κτιρίων δεν αποτελεί πλέον την ευθύνη ενός μόνο κλάδου. Ένα ευρύ φάσμα, ειδικών, επιστημόνων, αρχιτεκτόνων, μηχανικών κτλ, συνεργάζεται από κοινού με σκοπό να παρέχει αποτελεσματικές λύσεις προς αυτή την κατεύθυνση. Για παράδειγμα, στη συγγραφή ενός βιβλίου ένας μόνος συγγραφέας συγκεκριμένου κλάδου δε μπορεί να ανταπεξέλθει στις πολύπλευρες απαιτήσεις του σύγχρονου αντικειμένου. Τέτοιου είδους επιστημονική εργασία απαιτεί διεπιστημονική προσέγγιση και συνοχή. Επί του παρόντος η έλλειψη ευαισθητοποίησης προς αυτή την κατεύθυνση, πιθανό να οδηγήσει τα σύγχρονα βιβλία που ασχολούνται με το θέμα αυτό να υιοθετούν ενιαία άποψη και όχι μία ευρεία διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία είναι πιο κατάλληλη για το σκοπό αυτό.

Μία ευρεία γκάμα από ειδικούς κατασκευής, επιστήμονες και μηχανικούς, οι οποίοι είναι ειδικά εκπαιδευμένοι ώστε να κατανοούν την υψηλή τεχνολογία των δομικών υλικών, είναι το κλειδί για τον αναδυόμενο αρχιτεκτονικό κόσμο. Τέτοιο ειδικό, είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό και την παραγωγή κτιρίων όπως επίσης θα πρέπει να φέρουν την ευθύνη διεξαγωγής

μετρήσεων και δοκιμών, που αφορούν την αειφορία, την τοξικότητα και των περιβαλλοντικών αποτυπωμάτων στο κύκλο ζωής του έργου και πέρα από αυτό.

Όλα τα παραπάνω μοντέρνα υλικά και σχετικές τεχνικές προσομοίωσης έχουν βρει εφαρμογή μέχρι στιγμής σε πιλοτικές μελέτες και αντικείμενα στην αρχιτεκτονική, γεγονός που συνάγεται ότι η επιβεβαίωση των παρόντων προβλέψεων και προβολών στο μέλλον σχετικά με τον κύκλο ζωής των κτιρίων και ακόμη και πέρα, μένει να γίνουν. Ομολογουμένως, υπάρχουν ψηφιακές διαδικασίες που μας επιτρέπουν να κάνουμε μελλοντικές προβλέψεις, ωστόσο όμως και αυτές οι διαδικασίες είναι συνδεδεμένες με τα δεδομένα εισόδων που δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Ο ενθουσιασμός με τον οποίο η αγορά προωθεί τα καινοφανή υλικά και τις ψηφιακές τεχνικές πρέπει να ισορροπηθεί με μία ορθολογικότερη βάση, συνυπολογίζοντας τους συνδεόμενους κινδύνους. Εν κατακλείδι, αρχιτέκτονες, μηχανικοί και η σχετική δομική αγορά οφείλει να προσεγγίσει το νέο σχεδιασμό με τις παραμέτρους του με πιο αποτελεσματικό και ορθολογικό τρόπο.

Μηχανικοί, επιστήμονες, κατασκευαστικές εταιρείες, εταιρείες παραγωγής δομικών υλικών φέρουν σημαντικό μερίδιο ευθύνης όσο αφορά την παραγωγή, την διαθήκη και τη λειτουργία των σύγχρονων τεχνολογικών προϊόντων. Πρέπει να υπάρχουν άξονες γύρω από τους οποίους να περιστρέφεται η ηθική χρήση των δομικών υλικών και τεχνικών αυτών.

Να υποστηρίζονται σθεναρά και να ενθαρρύνονται δράσεις που αποσκοπούν στην ανάπτυξη και στην εφαρμογή αναγνωρισμένων συστημάτων διαχείρισης και εθελοντικές δεσμεύσεις, πέρα από τη συμμόρφωση με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία και κανονισμούς:

- να προωθείται η υπεύθυνη χρήση των πόρων
- να λαμβάνονται ενέργειες για την πρόληψη των περιβαλλοντικών κινδύνων
- να προωθείται η συνεχής βελτίωση.

Η νανοτεχνολογία και η ψηφιακή τεχνολογία μπορούν να μολύνουν το περιβάλλον αλλά επίσης και να βοηθήσουν στο καθαρισμό του. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η νανοτεχνολογία θα συνεχίσει να αναπτύσσεται, παρά τις όποιες καταγγελίες για τον καθορισμό ηθικής του μηχανικού πριν από την εμπορική χρήση τέτοιων υλικών. Είναι ευθύνη των μηχανικών και των αρχιτεκτόνων να προσεγγίζουν και να χειρίζονται τέτοια υλικά και μεθόδους με προσοχή, με σκοπό να εκμεταλλεύονται τα ευεργετικά αποτελέσματα και να ελέγχουν –ελαχιστοποιούν τα επιζήμια αποτελέσματα. Δεν υπάρχει περίπτωση να επιβάλλουν κανένα ζήτημα ηθικής όσο αφορά στην χρήση των υλικών και τεχνικών.

Η φύση παρέχει στον άνθρωπο ηθικά εγγενείς διλήμματα σε ότι έχει ο άνθρωπος εκθέσει τον εαυτό του. Αφορώντας την χρήση τους, η ανθρωπότητα μπορεί να επωφεληθεί σε πολλούς τομείς όπως στη καταπολέμηση ασθενειών, στο τομέα της φαρμακευτικής, των τροφίμων κτλ.[91]

Ο ΚΕΝΑΚ είναι ένας ενεργειακός κανονισμός ο οποίος απαιτεί θερμομονωτικά υλικά μεγάλου πάχους κατί που έρχεται σε αντιδιαστολή με τα νέα υλικά της νανοτεχνολογίας και ψηφιακής τεχνολογίας . Οι διευρυμένες δυνατότητες της νέας γενιάς υλικών επιτρέπει υψηλή ενεργειακή απόδοση και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι ενεργειακοί κανονισμοί οφείλουν να εκσυγχρονιστούν και να συμπεριλάβουν διατάξεις και ρυθμίσεις συμβατές με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές των δομικών υλικών. Η αναθεώρηση των κανονιστικών διατάξεων των υλικών αυτών πρέπει να γίνει σταδιακά και να σχεδιαστεί βήμα βήμα ώστε να εξαλειφθεί ο κίνδυνος παράλειψης σημαντικών παραμέτρων και λειτουργιών που αφορούν το κύκλο ζωής του έργου, το παραγωγικό κόστος σε όρους ενέργειας, τη κατανάλωση νερού κτλ.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μερικές από τις έξυπνες ιδιότητες των υλικών προερχομένων από διαδικασίες ψηφιακών μέσων έχουν παρουσιασθεί σε όλα τα παραπάνω. Επίσης, αυτή η έρευνα εκθέτει το γεγονός, ότι τέτοια υλικά μπορεί να είναι τοξικά καθώς και επιζήμια στο περιβάλλον. Αυτά τα αποτελέσματα, είναι συνδεδεμένα από τη μία πλευρά με την παραγωγή νέων υλικών μέσου υπολογιστή (π.χ νανουλικά) και από την άλλη πλευρά με ψηφιακές διαδικασίες μέσω των οποίων τα υλικά μπορούν να ενσωματωθούν στη παραγωγή κτιρίων (τρισδιάστατοι υπολιστές).

Η φύση και η παρουσία των αναφερόμενων κινδύνων, δε έχει πλήρως κατανοηθεί και ερευνηθεί. Οι υπολογιστές ωστόσο, αποτελούν ισχυρά διαγνωστικά και ερευνητικά εργαλεία, τα οποία σε ένα βαθμό μπορούν να συνεισφέρουν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Η προτεραιότητα εκπαίδευσης των μηχανικών κατασκευής, των αρχιτεκτόνων, των εργατών και των χρηστών αποτελεί σημαντικό ζήτημα όπως επίσης και η αναδιαμόρφωση και τροποποίηση των προγραμμάτων σπουδών. Προστατευτικά μέτρα και πολιτικές πρέπει να εισαχθούν από τις κυβερνήσεις με τη μορφή Κανονισμών, Προτάσεων, Προτύπων κτλ.. Η ηθική των μηχανικών πρέπει να προηγείται και να λαμβάνεται σοβαρά υποψήν πριν την εμπορική χρήση και διαθεσιμότητα τέτοιων υλικών και τεχνικών.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η νανοτεχνολογία θα συνεχίζει να ανθίζει και να αναπτύσσεται και μαζί με την ψηφιακή τεχνολογία θα συνεισφέρει στο περιβάλλον, στην αειφορία του και σε ένα καθαρότερο περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [1]. http://sakis24.blogspot.gr/2012/09/blog-post_9755.html
- [2]. Αναστασιάδου Σ. ' Η νανοτεχνολογία στην κατασκευή', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος Ι, 2009, σελ. 83-89
- [3]. Παϊπάη Α. ' Καινοτόμα υλικά & “ έξυπνες” επιφάνειες', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος 02, 2012, σελ. 77-82
- [4]. Κατσίωτη Μ.Σ. ' Φωτοκαταλυτικά αυτοκαθαριζόμενα υλικά', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος 02, 2011, σελ. 93-98
- [5]. Falaras P., Moustakas N.G., Papalexandratou E., Kontos A.G., Vlachos G.D., Sotiropoulou A.G., Tsivilis S., Aspiotis K. 'Use of Photocatalytic Cement for the development of Self-Cleaning Constuction Materials', *Proceedings of the 8th European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA8)*, Thessaloniki, Greece, June 25-28, 2014
- [6]. Γιούτα Α. ' Αυτοκαθαριζόμενα κτήρια χάρη στη νανοτεχνολογία', *Innovation Corner*, Τεύχος 437, 2012, σελ. 8-9
- [7]. Παϊπάη Α. ' Καινοτόμα υλικά & “ έξυπνες” επιφάνειες', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος 02, 2012, σελ. 77-82
- [8]. Παϊπάη Α. ' Καινοτόμα υλικά & “ έξυπνες” επιφάνειες', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος 02, 2012, σελ. 77-82
- [9]. Παϊπάη Α. ' Καινοτόμα υλικά & “ έξυπνες” επιφάνειες', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος 02, 2012, σελ. 77-82
- [10]. Αναστασιάδου Σ. ' Η νανοτεχνολογία στην κατασκευή', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος Ι, 2009, σελ. 83-89
- [11]. Αναστασιάδου Σ. ' Η νανοτεχνολογία στην κατασκευή', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος Ι, 2009, σελ. 83-89
- [12]. Αναστασιάδου Σ. ' Η νανοτεχνολογία στην κατασκευή', *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος Ι, 2009, σελ. 83-89
- [13]. <https://www.google.gr/search?q=%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%83+%CE%BF%CF%88%CE%B5%CE%B9%CF%83+%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%89%CE%B>

[D&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=AuVUVPiiIsHdaOTRgIgF&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=+%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%87%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9+%CF%85%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%83&facrc=_&imgdii=_&imgrc=yANBfiGeGWCwgM%253A%3BpuNl61NRakH7GM%3Bhttp%253A%252F%252Fdjml9.files.wordpress.com%252F2010%252F03%252Fwindow1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.4myhouse.gr%252F350%252F8%252F121%252F%2525CE%2525A5%2525CE%2525B1%2525CE%2525BB%2525CE%2525BF%2525CF%252580%2525CE%2525AF%2525CE%2525BD%2525CE%2525B1%2525CE%2525BA%2525CE%2525B5%2525CF%252582%3B2288%3B1712](http://www.woodman.gr/el/thetechnical/futuretechnology)

[14]. Μαντάνης Γ., Γκορτζή Ο. ‘ Νανοτεχνολογία & ξύλινες κατασκευές’, Woodman, Βιομηχανία Ξύλου, <http://www.woodman.gr/el/thetechnical/futuretechnology>

[15].

https://www.google.gr/search?q=%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%BF&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=fChJVOrHJaiuygOTqYCwCQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=Jd6S8gSL4ulQTM%253A%3Bm7tc-R0D4XM6MM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.asterpap.gr%252Fimages%252Feidika_domika_ylika.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.asterpap.gr%252Fnanotech.html%3B300%3B20

[16].

https://www.google.gr/search?q=%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%BF&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=fChJVOrHJaiuygOTqYCwCQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=SxC4RQ2q6-sUFM%253A%3Bj6Ufrb5-9IDZJM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nanophos.com%252Fimages%252Fsurfapore%252Fsp2.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nanophos.com%252Fgr%252FSurfaPore_el.html%3B200%3B138

[17]. Αναστασιάδου Σ. ‘ Η νανοτεχνολογία στην κατασκευή’, *Κτίριο Τεχνικές Σελίδες*, Τεύχος Ι, 2009, σελ. 83-89

[18]. Wolonick J. ‘Buildings can now eat pollution’, *Minyanville*, 2013, <http://www.minyanville.com/sectors/technology/articles/Buildings-Can-Now-Eat-Pollution-AA/4/5/2013/id/49084>

[19].

<https://www.google.gr/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%AF>

https://www.google.gr/search?q=%CE%B4%CE%B9%CE%BF+%CF%84%CE%BF%CF%85+%CF%84%CE%B9%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%BF%CF%85+%CF%83%CF%84%CE%B1+%CF%80%CE%B5%CE%B6%CE%BF%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B9%CE%B1&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=dSpJVNzSJ4eaygOL14LIDA&ved=0CAYQAUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=c2lkObR8vacf8M%253A%3BO-GUqE8Gw8EijM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.iefimerida.gr%252Fsites%252Fdefault%252Ffiles%252Fimagecache%252Fnode_image660%252Fsidewalk-660.png%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.iefimerida.gr%252Fnode%252F114409%3B660%3B300

[20].

https://www.google.gr/search?q=%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%BF&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=nyxJVP4EsTnyOPTu4DQCA&ved=0CAYQAUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=OpAPXDKXUiVUfM%253A%3Bj6Ufrb5-9IDZJM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nanophos.com%252Fimages%252Fsurfapore%252Fsp3.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.nanophos.com%252Fgr%252FSurfaPore_el.html%3B200%3B150

[21].

<http://www.italcementigroup.com/ENG/Research+and+Innovation/Innovative+Products/TX+Active/>

[22]. Gamozzi G. 'Dives in Misericordia Church, the church of the third Millenium', *Italcementi Group*, 2003, pp. 1-2, http://www.italcementigroup.com/NR/rdonlyres/38BC84DA-6F1C-476B-A827-22E67B61AEC1/0/DivesinMisericordia_UK.pdf

[23].

https://www.google.gr/search?q=misericordia+church+rome&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=CjFJVKePFYv9ygPfloDgDQ&ved=0CAYQAUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=tr0mGpbAplehMM%253A%3BUmqKOOjiJOj1WM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.frener-reifer.com%252Fimg%252Fmedia%252Fjubilaemskirche-dives-in-misericordia%252Fmisericordia_02.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.frener-reifer.com%252Fprojects%252Fparish-church-dives-in-misericordia%252F%3B900%3B440

[24].

https://www.google.gr/search?q=misericordia+church+rome&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=CjFJVKePFYv9ygPfloDgDQ&ved=0CAYQAUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=OCMIJhpUjp6YzM%253A%3Bnm9eoOdiOUsf5M%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.portofrome.it%252Fwp-content%252Fgallery%252Fchiesa-dio-padre-

[misericordioso%252F3millennio2.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.portofrome.it%252Fg
od-the-merciful-father-church-of-the-third-millennium%252F%3B300%3B395](http://www.portofrome.it/od-the-merciful-father-church-of-the-third-millennium%3B300%3B395)

[25]. Construction Innovation Forum, 'Micro-Composite Resteel', 2004, NOVA Award Nomination 7, <http://www.cif.org/awards/2004/07 - Micro-Composite Resteel.pdf>

[26]. Construction Innovation Forum, 'Micro-Composite Resteel', 2004, NOVA Award Nomination 7, <http://www.cif.org/awards/2004/07 - Micro-Composite Resteel.pdf>

[27]. Liquid Granite: Building Material of the Future Unveiled', *ScienceDaily*, Sheffield Hallam University, 4 November 2009.

<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091029161253.htm>

[28].

https://www.google.gr/search?q=stratford+shopping+centre&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=XDVJVJyqDebmywO7_4COAg&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=&imgdii=&imgrc=oJjhGdzEL6MzM%253A%3BKQEyLEB63QSHUM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.officecentrestratford.com%252Fimg%252Fstratford%252Fshopping%252Fcentre%252Flarge.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.officecentrestratford.com%252Flooking-to-2012.htm%3B415%3B275

[29].

[https://www.google.gr/search?q=olympic+village&biw=1680&bih=905&tbm=isch&imgil=eDvVzBy_Apiy0M%253A%253BtLatYW5MLiZYvM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fen.wikipedia.org%25252Fwiki%25252FEast%25252C%25252CLondon&source=iu&pf=m&fir=eDvVzBy_Apiy0M%253A%252CtLatYW5MLiZYvM%252C&usg=__OgblxAvaSJsn-mc5KISrY62sK70%3D&ved=0CEYQyjc&ei=T2s8VO3gKeT4yQOL8IHwBw#facrc=__&imgdii=__&imgrc=eDvVzBy_Apiy0M%253A%3BtLatYW5MLiZYvM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252F%252Ffe%252FOlympic%252CVillage%252CC%252CLondon%252C%252C16%252CApril%252C2012%252C\(1\).jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fen.wikipedia.org%252Fwiki%252FEast%252CVillage%252CLondon%3B4252%3B2835](https://www.google.gr/search?q=olympic+village&biw=1680&bih=905&tbm=isch&imgil=eDvVzBy_Apiy0M%253A%253BtLatYW5MLiZYvM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fen.wikipedia.org%25252Fwiki%25252FEast%25252C%25252CLondon&source=iu&pf=m&fir=eDvVzBy_Apiy0M%253A%252CtLatYW5MLiZYvM%252C&usg=__OgblxAvaSJsn-mc5KISrY62sK70%3D&ved=0CEYQyjc&ei=T2s8VO3gKeT4yQOL8IHwBw#facrc=__&imgdii=__&imgrc=eDvVzBy_Apiy0M%253A%3BtLatYW5MLiZYvM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252F%252Ffe%252FOlympic%252CVillage%252CC%252CLondon%252C%252C16%252CApril%252C2012%252C(1).jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fen.wikipedia.org%252Fwiki%252FEast%252CVillage%252CLondon%3B4252%3B2835)

[30]. 'The ethics of innovation', University of Pittsburgh, 2011

[31]. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. 'Review on thermal energy storage with phase change', 2007, pp. 319-342,

<http://www.seas.upenn.edu/~meam502/project/reviewexample2.pdf>

[32]. Shuteerlin W. 'Phase Change Materials, A Brief Comparison of Ice Packs, Salts, Paraffins, and Vegetable-derived Phase Change Materials', *The Journal of Pharmaceutical & Bio Pharmaceutical Contract Services*, 2011, <http://www.pharmoutsourcing.com/Featured-Articles/37854-Phase-Change-Materials-A-Brief-Comparison-of-Ice-Packs-Salts-Paraffins-and-Vegetable-derived-Phase-Change-Materials/>

[33].

https://www.google.gr/search?q=pcm+%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B3%CE%B7%CF%82+%CF%86%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=TzpJVLbsC-i8ygPOkYDYAQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=principle+of+phase+chage+materials&facrc=&imgdii=&imgrc=5WJMFkg-VNy0lM%253A%3BGLZrmljEVMt-IM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.climatetechwiki.org%252Fsites%252Fclimatetechwiki.org%252Ffiles%252Fimages%252Fextra%252Fprinciple_of_pcm.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.climatetechwiki.org%252Ftechnology%252Fjiqweb-pcm-0%3B940%3B765

[34]. <http://www.climatetechwiki.org/technology/jiqweb-pcm-0>

[35]. Szondy D. 'New materials developed that are as light as aerogel, yet 10,000 times stronger', *Science*, 2014

[36].

[https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B6%CE%B5%CE%BB&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=dx5KVKvaK4W9ygOsvoDYBw&ved=0CEwOsAQ#facrc=&imgdii=&imgrc=uTJa-o2C4qKN6M%253A%3BT6u97e-epHy4pM%3Bhttp%253A%252F%252Fgreen-earth-aerogel.es%252Fimage%252Faerogel-\[pall.JPG%3Bhttp%253A%252F%252Fgreen-earth-aerogel.es%252Fabout.htm%3B595%3B188](https://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B6%CE%B5%CE%BB&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=dx5KVKvaK4W9ygOsvoDYBw&ved=0CEwOsAQ#facrc=&imgdii=&imgrc=uTJa-o2C4qKN6M%253A%3BT6u97e-epHy4pM%3Bhttp%253A%252F%252Fgreen-earth-aerogel.es%252Fimage%252Faerogel-[pall.JPG%3Bhttp%253A%252F%252Fgreen-earth-aerogel.es%252Fabout.htm%3B595%3B188)

[37].

https://www.google.gr/search?q=aerotel&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=vf9UVPrPi8fPaKrugAH&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=%CE%B1%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B6%CE%B5%CE%BB&facrc=&imgdii=&imgrc=TWsFIhpBqh_54M%253A%3BLzAzoRmhN_UzxM%3Bhttp%253A%252F%252Fassets.dornob.com%252Fwp-content%252Fuploads%252F2009%252F05%252Faerogel-amazing-weight-properties.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fdornob.com%252Faerogel-see-through-strong-as-steel-ligher-than-air%252F%3B468%3B460

[38]. Trei M. 'Ultra strong building material mimics the structure of bone', *Dvice*, 2014

[39]. Post Graduate Program on Nanosciences & Nanotechnologies,

http://nn.physics.auth.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=688%3A2013-11-05-13-47-04&catid=68%3A2010-09-03-21-09-19&Itemid=96&lang=el

[40]. <http://web.tee.gr/grafenio-to-mellon-mas/>

[41].

<https://www.google.gr/search?q=%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BF&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=dyNKVN>

[dC4v3KA8DmgvgP&ved=0CDoQsAQ#facrc= &imgdii=FwrhjB3CIUJ_BM%3A%3BW2C0b1HB4Spe5M%3BFwrhjB3CIUJ_BM%3A&imgrc=FwrhjB3CIUJ_BM%253A%3Bf-uX-HR76MY0M%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.sigmalive.com%252Fuploads%252Fimages%252Fnews%252F%2525CE%2525B3%2525CF%252581%2525CE%2525B1%2525CF%252586%2525CE%2525AD%2525CE%2525BD%2525CE%2525B9%2525CE%2525BF1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.sigmalive.com%252Fnews%252Fscitech%252Fscience%252F101763%3B622%3B465](http://www.sigmalive.com/uploads/images/252Fnews/252F/2525CE/2525B3/2525CF/252581/2525CE/2525B1/2525CF/252586/2525CE/2525AD/2525CE/2525BD/2525CE/2525B9/2525CE/2525BF1.jpg)

[42]. Quick D. ‘ Graphene-based cell hits record 15.6 percent efficiency’, *Gizmag, Science*, 2014

[43].

https://www.google.gr/search?q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B1+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=rCVKVITsOaeCzAOzo4HADg&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B1+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1+%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1+%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%85&facrc= &imgdii= &imgrc=cePRc_hM7my3sM%253A%3BsIxJSPT1pqyqnM%3Bhttp%253A%252F%252Fbuildinggreen.gr%252Fwordpress%252Fwp-content%252Fuploads%252F2012%252F06%252FMECASOLAR1ejehorizontal-740x569.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fbuildinggreen.gr%252F2013%252F03%252F%2525CE%2525BD%2525CE%2525AD%2525CE%2525B1-%2525CE%2525B4%2525CE%2525B5%2525CE%2525B4%2525CE%2525BF%2525CE%2525BC%2525CE%2525AD%2525CE%2525BD%2525CE%2525B1-%2525CE%2525B3%2525CE%2525B9%2525CE%2525B1-%2525CF%252584%2525CE%2525BF-%2525CE%2525B3%2525CF%252581%2525CE%2525B1%2525CF%252586%2525CE%2525AD%2525CE%2525BD%2525CE%2525B9%2525CE%2525BF%252F%3B740%3B569

[44]. Lanphere J.D., Rogers B., Luth C., Bolster C.H., Walker S.L., ‘Stability and transport of graphene oxide nanoparticles in groundwater and surface water’, *Environmental Engineering Science*, 2014, Vol 31, No 7: pp. 350-359

[45]. <http://www.aerogeltechnologies.com/faqs>

[46]. <http://www.e-archimedes.gr/component/k2/item/5109->

[47]. Jasmine G. ‘Aerogel : the future material of today’, *Care2*, 2010

- [48]. Knapp A. ‘Nanoparticles May Cause Kidney and Brain Damage’, *Forbes*, 2011, <http://www.forbes.com/sites/alexknapp/2011/09/20/nanoparticles-may-cause-kidney-and-brain-damage/>
- [49]. Federici G., Shaw J.B., Handy D.R. ‘Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects’, *PubMed*, 2007, University of Plymouth, [http://www.researchgate.net/publication/6112372_Toxicity_of_titanium_dioxide_nanoparticles_to_rainbow_trout_\(Oncorhynchus_mykiss\)_gill_injury_oxidative_stress_and_other_physiological_effects](http://www.researchgate.net/publication/6112372_Toxicity_of_titanium_dioxide_nanoparticles_to_rainbow_trout_(Oncorhynchus_mykiss)_gill_injury_oxidative_stress_and_other_physiological_effects)
- [50]. Vinches L., Boulebane Y., Perron G., Halle S., Dolez P., Wilkinson K.G. ‘Swelling of Protective Gloves in Commercial TiO₂ Nanoparticles Colloidal Solutions’ *International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology (IJTAN)*, 2012, pp. 45-51, 2012, <http://ijtan.avestia.com/2012/PDF/007.pdf>
- [51]. Du J., Wang S., You H., Zhao X. ‘Understanding the toxicity of carbon nanotubes in the environment is crucial to the control of nanomaterials in producing and processing the assessment of health risk for human’, *ScienceDirect*, 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668913001208>
- [52]. <http://www.nano.gov/>
- [53]. <http://www.nano.gov/>
- [54]. <http://www.fortunegreece.com/article/elliniki-nanotechnologia-pagkosmies-prooptikes/>
- [55]. http://www.goodnews.gr/Articles/Yparchi-Elliniki-eteria-nanotechnologias-pou-paragispoudeo-ergo_1338.html
- [56]. <http://ellas2.wordpress.com/2011/02/15/%CE%BD%CE%AD%CE%B1-%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%AC-%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B7%CE%B3%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%84/>
- [57]. <http://www.energyworld.gr/04/09/2014/%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD/>

- [58]. http://ec.europa.eu/research/consultations/snap/report_en.pdf
- [59]. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/actionplan.htm>
- [60]. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-106/pdfs/2014-106.pdf>
- [61].
[http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=dsti/stp/nano\(2013\)9/final&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=dsti/stp/nano(2013)9/final&doclanguage=en)
- [62]. <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/Research-Areas-A-Z/Nanotechnology.html>
- [63]. Stephens B., Azimi P., El Orch Z., Ramos T.
 ‘Ultrafine particle emissions from desktop 3-D printers’, *ScienceDirect, Atmospheric Environment*, Vol. 79, 2013, pp. 334-339,
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005086>
- [64]. Brown S., ‘Toxicity of abs plastic in 3-d printing.’, *WhiteClouds*, 2013,
<https://www.whiteclouds.com/toxicity-abs-plastic-3d-printing>
- [65]. Blain L. ‘ Chinese company uses 3-D printing to build 10 houses in a day’ ,*Gizmag, Architecture*, 2014
- [66].
https://www.google.gr/search?q=winsun+3d+printed+house&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=R5pLVLf_NevjywPnvIKIDQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=uBiKjygIX9pEeM%253A%3Bi9FzBDrgj3pMTM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.3ders.org%252Fimages%252Fhouse-3d-printed-shanghai-new-photo-1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.3ders.org%252Farticles%252F20140414-new-photos-of-10-green-3d-printed-houses-in-shanghai-built-in-24-hours.html%3B700%3B444
- [67].
https://www.google.gr/search?q=winsun+3d+printed+house&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=R5pLVLf_NevjywPnvIKIDQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgrc=m1bq6PhhGwyTOM%253A%3Bi9FzBDrgj3pMTM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.3ders.org%252Fimages%252Fhouse-3d-printed-shanghai-new-photo-4.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.3ders.org%252Farticles%252F20140414-new-photos-of-10-green-3d-printed-houses-in-shanghai-built-in-24-hours.html%3B700%3B444
- [68]. Steadman I. ‘ Dutch architect plans world’s first 3D-printed building’ , *Wired.co.UK, Technology*, 2013, <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-01/24/dutch-architect-3d-printed-house>

[69]. Winter L. 'Man Constructs 3D Printed Concrete Castle', *Inlscience, Technology*, 2014, <http://www.iflscience.com/technology/man-constructs-3d-printed-concrete-castle>

[70]. Krassenstein E. 'First Entirely 3D Printed Estate is Coming to NY, Including a 3D Printed 2400 Sqft House, Pool & More', *3D Print.com, 3D Design/3D Printers/3D Printing*, 2014, <http://3dprint.com/12034/3d-printed-house-pool-ny/>

[71].

https://www.google.gr/search?q=landscape+house&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=vrNLVLhL5szIA9uVgrgC&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=landscape+house+mobius+stripe&facrc=&imgdii=&imgrc=6h2awKnn39YH7M%253A%3BG64jhIDoKcyQDM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.wired.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fimages_blogs%252Fdesign%252F2013%252F01%252F420418_269609506441879_638365291_n.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.wired.com%252F2013%252F01%252Flandscape-house%252F%3B660%3B371

[72]. Winter L. 'Man Constructs 3D Printed Concrete Castle', *Inlscience, Technology*, 2014, <http://www.iflscience.com/technology/man-constructs-3d-printed-concrete-castle>

[73]. Krassenstein E. 'First Entirely 3D Printed Estate is Coming to NY, Including a 3D Printed 2400 Sqft House, Pool & More', *3D Print.com, 3D Design/3D Printers/3D Printing*, 2014, <http://3dprint.com/12034/3d-printed-house-pool-ny/>

[74]. http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting

[75]. <http://www.troteclaser.com/en-US/Laser-Applications/Pages/Model-Making.aspx>

[76]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining))

[77].

https://www.google.gr/search?q=laser+cutting+architectural+models&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=EhdVVPT_B4KLaLKDgfAE&sqi=2&ved=0CCYQsAQ#tbm=isch&q=laser+cutting++&facrc=&imgdii=&imgrc=bh2MTVA2aTPaVM%253A%3BUvqXhUrCaxrlpM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.manibhadraexports.com%252Fimg%252Fservices%252FCoolLine.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.manibhadraexports.com%252F52Flaser-cutting.php%3B1410%3B922

[78].

https://www.google.gr/search?q=laser+cutting+architectural+models&biw=1680&bih=948&tbm=isch&imgil=rqOhjGOzPeNX_M%253A%253BR_9av5Bq0DlcEM%253Bhttp%25253A%252F%25252Fthelascutter.blogspot.com%25252F2011_10_01_archive.html&source=iu&pf=m&fir=rqOhjGOzPeNX_M%253A%252CR_9av5Bq0DlcEM%252C_&usg=__gGwfa4cRQnXaXK34RZVtFhlmkC8%3D&ved=0CDAQyjc&ei=EhdVVPT_B4KLaLKDgfAE#facrc=&imgdii=&imgrc=05uD6XIXloS14M%253A%3B7MCLDB1r-

[RSCsM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bdonline.co.uk%252Fpictures%252F636x441fitpad%255B237%255D%252F2%252F9%252F5%252F1699295_bridge_3.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bdonline.co.uk%252Ftonkin-liu%2525E2%252580%252599s-shi-ling-bridge%252F5021930.article%3B636%3B441](http://www.bdonline.co.uk/pictures/F636x441fitpad%25B237%255D%252F2%252F9%252F5%252F1699295_bridge_3.jpg)

[79]. Stephens B., Azimi P., El Orch Z., Ramos T.

‘Ultrafine particle emissions from desktop 3-D printers’, *ScienceDirect, Atmospheric Environment*, Vol. 79, 2013, pp. 334-339,

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005086>

[80]. Brown S., ‘Toxicity of abs plastic in 3-d printing.’, *WhiteClouds*, 2013,

<https://www.whiteclouds.com/toxicity-abs-plastic-3d-printing>

[81]. Κουφάκης Γ. ‘Αναδυόμενες τεχνολογίες στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.’, *LastTapes*, Τεύχος 5 (Shielle Issue), 2012

[82]. Leach N. ‘New Materialism’, <http://neilleach.files.wordpress.com/2009/09/new-materialism.pdf>

[83]. Gray L. ‘Materialism: a new movement in architecture’, *Design Exchange Magazine*, 2010

[84]. Leach N. ‘New Materialism’, <http://neilleach.files.wordpress.com/2009/09/new-materialism.pdf>

[85].

<https://www.google.gr/search?q=bird's+nest+stadium&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=3r1LVPCAGOHMyAO984KwCg&sqi=2&ved=0CDOQsAQ#facrc=&imgdii=&imgrc=cJDhaUXiEVfETM%253A%3BT4lwoxtUi-t8M%3Bhttp%253A%252F%252Fcdn.homesthetics.net%252Fwp-content%252Fuploads%252F2013%252F10%252FThe-Chinese-National-Stadium-in-Beijing-%2525E2%252580%252593-The-Bird%2525E2%252580%252599s-Nest-Stadium-homesthetics-5.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fhomesthetics.net%252Fthe-chinese-national-stadium-in-beijing-the-birds-nest-stadium%252F%3B1280%3B833>

[86].

https://www.google.gr/search?q=water+cube+beijing&biw=1680&bih=948&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=Mr5LVODJC4W5ygP0s4G4Bg&sqi=2&ved=0CCgQ7Ak#facrc=_&imgdii=&imgrc=Hk6LuoSoqPq4pM%253A%3BsfyHQ-INmZ5MLM%3Bhttp%253A%252F%252Fbeijingwatercube.com%252Fwp-content%252Fuploads%252F2013%252F03%252FBeijing-Water-Cube.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fbeijingwatercube.com%252F%3B500%3B281

[87]. ‘Environmental Impact of Building Construction can now be predicted’, *Plataforma SINC, Science Daily*, 2009, <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/02/090204140815.htm>

[88]. Chen A. 'Quantifying the Environmental Impact of Structural Materials with B-PATH' *Environmental Energy Technologies Division (EETD), 40th Anniversary, Berkeley Lab.*, 2012, <http://eetd.lbl.gov/news/article/15177/quantifying-the-environmental-impact-of-structural-materials-with-b-path>

[89]. <http://www.routledge.com/books/>

[90]. <https://www.elsevier.com/books/toxicity-of-building-materials/pacheco-torgal/978-0-85709-122-2>

[91]. Zhang B, Misak H, Dhanasekaran P.S, Kalla D, Asmatulu R. ' Environmental Impacts of Nanotechnology and Its Products', *Proceedings of the 2011 Midwest Section Conference of the American Society for Engineering Education*, 2011

Goal 4: Support responsible development of nanotechnology.

Realization of the potential benefits of nanotechnology for human, social, and economic well-being, and for the environment, requires that responsible development of nanotechnology—assessment and management of potential risks—be integrated into all aspects of the field, from world-class R&D

(Goal 1) to commercialization of NEPs (Goal 2). Responsible development is a fundamental component of all three objectives in Goal 3. Research in support of Goal 4 will help address the concerns of many stakeholder groups that are dedicated to protecting humans and the environment. In 2011, the NNI developed, with input from stakeholders, a nanotechnology-related environmental, health, and safety (nanoEHS) research strategy with a broad, multi-agency perspective.²⁶ That document fully supports the Goal 4 objectives and details specific research needs in six interrelated and synergistic nanoEHS areas: (1) a nanomaterial measurement infrastructure coupled with (2) predictive modeling and informatics that provide accurate and reproducible data on (3) human exposure, (4) human health, and (5) the environment essential for science-based (6) risk assessment and management of ENMs and NEPs. The NNI agencies, individually and collaboratively, will continue to provide information on progress toward addressing these research needs. Consideration of life cycle issues of ENMs and NEPs is a key component of all four objectives described below. Advances in these objectives require coordinated efforts involving multidisciplinary, multistakeholder national and international teams.

Goal 4 Objectives

4.1. Support the creation of a comprehensive knowledge base for evaluation of the potential risks and benefits of nanotechnology to the environment and to human health and safety.

4.1.1. Continue to identify gaps and prioritize needs for relevant knowledge through active stakeholder engagement, including with industry and regional, state, and local initiatives.

4.1.2. Facilitate the development of an informatics-based structure for knowledge sharing that includes a compendium of existing knowledge and mechanisms to incorporate new knowledge.

4.1.3. Promote the development and validation of measurement tools and decision-making models to enable hazard and exposure quantification for human and environmental risk assessment and management.

4.1.4. Participate in international efforts, particularly those aimed at generating best practices and consensus standards. Science-based risk assessment and management of ENMs and NEPs is predicated on the broad availability of a comprehensive knowledge base that includes validated data, methods, protocols and assays, reference materials and consensus standards, and interpretative and predictive models. Such a knowledge base is also essential for the development of beneficial nanotechnology applications for society and the environment. There is a substantial and rapidly growing body of knowledge on ENM and NEP characterization, hazards, and exposure that needs to be collected, analyzed, organized, and archived in an informatics-based structure to facilitate sharing and use of information. The development of broadly applicable, accessible, and validated measurement tools that enable the generation of accurate and reproducible data remains a high-priority research area. Such tools provide confidence in quantifying hazards, exposure, and ultimately risk, all of which are critical to evaluating the safety of NEPs. Such safety evaluations will accelerate innovation and commercialization of NEPs and support science-based regulatory actions to protect human health and the environment. Decision-making models that are flexible enough to integrate limited amounts of data will accelerate and advance risk assessment and management. The NNI agencies will continue to play a strong participatory and, where appropriate, leading role in international activities to develop consensus standards and in other international activities. Such consensus standards, along with best practices, provide essential guidance to policy-makers and regulators. Specific research areas for increased emphasis that have been identified collectively by NNI agencies include sustainability (Objective 4.4), high-throughput screening tools, environmental fate and transport, tools for risk assessment and management, dose metrics, and human and environmental health monitoring. Another high-priority need is a library of well-characterized ENMs available for testing by researchers and for use in international interlaboratory studies.4.2. Create and employ means for timely dissemination, evaluation, and incorporation of relevant EHS knowledge and best practices.

4.2.1. Explore new avenues to engage with a broader group of stakeholders, to communicate NNI research progress, and to share technical information. NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE STRATEGIC PLAN

4.2.2. Promote multistakeholder activities to evaluate EHS concerns such as human and environmental exposures to ENMs and NEPs.

4.2.3. Participate in coordinated international efforts focused on sharing data, guidance, and best practices for environmental and human risk assessment and management. NanoEHS is a multidisciplinary research area of importance to a large and diverse group of stakeholders. Thus, it is a challenge to engage, communicate, and share information with stakeholders who have varying concerns and levels of EHS knowledge. Addressing this challenge requires expanded use of modern approaches to disseminate information, such as popular social media tools, and enhanced awareness and new functionality of key websites, notably www.nano.gov. Another

approach is enhanced communication of individual NNI agencies' specific research priorities, activities, and interagency collaborations. Advances in the evaluation of specific EHS concerns are enabled by increased participation of diverse stakeholders in existing evaluation activities as well as by initiation of new activities. The NNI agencies will continue to participate in, and where appropriate, lead international efforts focused on sharing information, including safety data, pertinent to risk assessment and management.

4.3. Develop the national capacity to identify, define, and responsibly address concepts and challenges specific to the ethical, legal, and societal implications (ELSI) of nanotechnology.

4.3.1. Support the creation of a comprehensive knowledge base for ELSI and the development of an ELSI infrastructure.

4.3.2. Promote awareness and education of ELSI among relevant stakeholders (including manufacturers, regulators, nongovernmental organizations, workers, and the public).

4.3.3. Foster deliberative interactions, such as public forums, among relevant stakeholders concerning national and global ELSI. Addressing ELSI in a proactive manner is critical to ensure public trust in nanotechnology and to promote innovation and commercialization of NEPs. The first step in addressing ELSI is to build a comprehensive knowledge base that includes a compendium of ELSI experts, results from societal dimensions research, workshop reports, patents, and best practices to approaching ELSI issues. Such a knowledge base relies on support from an enhanced ELSI infrastructure composed of networks, repositories, and centers for advancing the collection, dissemination, and preservation of societal dimensions research on nanotechnology for both the research community and public audiences. To increase stakeholder awareness and education concerning ELSI issues, appropriate and relevant ELSI knowledge will be disseminated to myriad stakeholders having varying levels of ELSI knowledge. Expanded opportunities and new approaches for deliberative interactions among stakeholder groups, which are numerous and diverse, will be developed and implemented.

4.4. Incorporate sustainability in the responsible development of nanotechnology.

4.4.1. Encourage the development of ENMs that are safer and more sustainable alternatives to materials—nanoscale and otherwise—that are now in use.

4.4.2. Promote the design and development of safe and environmentally benign manufacturing and end-of-life processes for ENMs and NEPs.

4.4.3. Support R&D on nanotechnology with beneficial applications toward human health and the Environment.

Sustainability was first illustrated conceptually in 1987 in a two-dimensional Venn diagram as the intersection of society, the economy, and the environment.²⁷ Materials sustainability, as illustrated below in a more complex, three-dimensional rendition of the concept, encompasses

many global challenges of growing societal, economic, and environmental importance: material, water, and air management; green manufacturing; environmental stewardship; and renewable and clean energy sources.

28 Responsible development of nanotechnology must include consideration of these sustainability challenges in the design of manufacturing and end-of-life processes for ENMs and NEPs.

New research will be directed at developing ENMs that are more sustainable alternatives to larger scale-materials currently used in myriad processes and products, and at integrating sustainability in the design, development, and manufacture of ENMs and NEPs. On the other hand, nanotechnology has great potential to address societal, economic, and environmental sustainability needs. Some of the beneficial applications that nanotechnology could provide in support of sustainability are ENMs for more efficient generation and use of energy, water purification, production of food and bio-based industrial and commercial products, and remediation of environmental contaminants. New research will develop these and other nanotechnology applications for widespread positive impact on human health and the environment.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β Αντίγραφο της εργασίας που ανακοινώθηκε στο κάτωτι ευρωπαϊκό συνέδριο

What's the Matter Materiality and Materialism at the Age of Computation, International Conference, COAC, of ENHSA,ETSAB, ETSAV, Barcelona, September 4-5-6, 2014

Host

The Conference will be hosted by:

Thursday, 4 September:

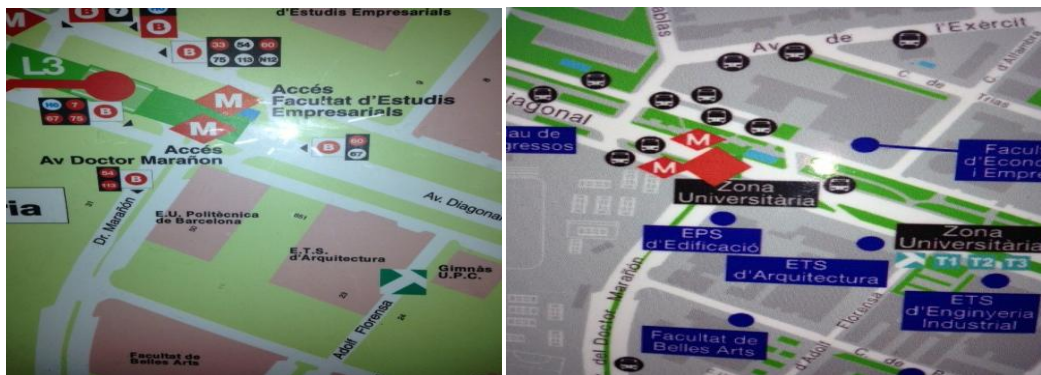
Escola Tecnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, UPC Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal 649. Please take Green Line number 3, get off last stop Zona Universitaria, Salida av. dr Marañon.



Col·legi d'Arquitectes
de Catalunya

Plaça Nova, 5, 08002 Barcelona,
BARCELONA,
Spain

T:+34 933 01 50 00



Friday and Saturday, 5 and 6 September:
The Chamber of Architects, Catalonia COAC (Col·legi d'Arquitectes de Catalunya)

Plaça Nova, 5.

in the centre of the old quarter of Barcelona.

ORGANIZERS



HOST



Col·legi d'Arquitectes
de Catalunya



ESCOLA D'ARQUITECTURA
DEL VALLÈS

ETSAB



EVENT

DeLanda's **Comeback** as **Filmmaker**

The Conference will host the first preview-show of the three, out of the new series *Continuous Variations*, films-digital videos of 40 min duration with extraordinary effects by Manuel Delanda, who will also make the introduction . The series will be shown at the NYC Anthology Film Archives at the end of 2014.

SEARCH

4.09.2014					
Session 1A Chair: A. Tselios Room 51 14:30 - 14:50		Session 1B Chair: M. Hill Room 52 14:30 - 14:50		Session 1C Chair: J. Miller Room 53 14:30 - 14:50	
14:30-14:40	K. Dörfler, S.F. Ermi, V. Isakov, C. Opatowski, M. Bares, J. P. Thibault	David Carbone Luchi	Audiotactile Design: Towards a Material History of Computational Design	Clara Gubelton	Pursuing the Fun Palace - with new digital design methods
14:45-15:00	Elio Blewett	Lisa Huang	Enriching the Discourse: The Significance of Text Knowledge of Matter	Paula Miranda Cortes	Software Urbanism
15:00-15:15	Clara Lee	Chandrasekhar Prabhat	The Human Body Matter Issues on the Phenomena of Anthropomorphism in Architecture	Anders Kruse August	Blurring the design: investigations through the making of material components and structures
15:15-15:30	A. Chelbi, A. Marjouchou	J. Harrison, C. Dalton	Color Technology: Used Architectures: the making of particular places	Ignacio Serrano	Material Matter: Deformation, Configuration and Continuity: the three procedures of integrating information in matter
15:30-15:45	Jana Pridon Stava	Matthew Parker	Self-Materiality: Representation and Communication between the Physical and the Virtual	Nikolaos Katsigaris	Matter and the question of meaning in material matter?
15:45-15:55	Debate	Debate	Debate	Debate	Debate

4.09.2014					
Session 2A Chair: S. Vyzovili Room 51 16:30 - 16:50		Session 2B Chair: Dave Lee Room 52 16:30 - 16:50		Session 2C Chair: J. Harrison Room 53 16:30 - 16:50	
16:30-16:45	Stavros Vergopoulos	August Karan	A Matter of Ether: Accounting for injustice with Kantian judgments	Justin Miller	Crafting Material Effects
16:45-17:00	Matthew Hall	Beti Marekko	Digital materiality, morphogenesis and the production of the technological object	Manolis Paterakis	Entity-oriented or process-oriented modelling in Architectural Thinking: the rise of the functional paradigm
17:00-17:15	Torsten Sack-Nielsen	Wendy W. Fok	Whose Digital Property? A matter of discussion in Open-Source within Computational design in Architecture	K. Velkov, G. Thini, C. Ripley	Matters of Air
17:15-17:30	Dimitris Gourdoukis	Despoina Zavraka	Neomodernism: Cultural delegations and emerging matters of death	Spyros Papadimitriou	What's the Matter with Design Models? From material investigations to 'Design Models'
17:30-17:45	David Abondano	M. Claydon, M. Jimenez Garcia	Towards the Irreducibility of Architectural Methodologies	A. N. Stig, A. Danco	Material, immaterial, perception and suggestion: Learning from XX century masterpieces
17:45-18:00	Ayoth Kamath	G. Wallis de Vries, K. Wuytsack	What's the Matter of Concern? A parliament of things lost and captured in Paris and Rome	Panagiotis Patsikas	Rise of the Antitopic
18:00-18:15	A. Kruse Aagaard, M. Lahmy	Anastasio Tellois	Matter reawakened	Ayad Rahmani	Twists and Turns in Recent Parametric Productions
18:15-18:30	Debate	Debate	Debate	Debate	Debate

4.09.2014					
Session 3A Chair: G. Wallis de Vries Room 51 19:00 - 19:20		Session 3B Chair: S. Vergopoulos Room 52 19:00 - 19:20		Session 3C Chair: J. Harrison Room 53 19:00 - 19:20	
19:00-19:15	N. Gaudillière, J. Dierckx, G. Baveret, C. Sollogoub	G. Trovati, P. Mantzou	Advanced, low-tech and intermediating materiality: Three trends for future architecture	G. Franco, S. Molanese	Material, immaterial, perception and suggestion. Learning from XX century masterpieces
19:15-19:30	Manuel Kretzer	Anne-Catrin Schultz	The Truth of Architectural Matter- Textiles, Nature and Real Thing	P. Sobieski, E. Trocka-Leszczynska	Materialization Consumer Needs in Contemporary Urban (selected aspects)
19:30-19:45	S. Vyzovili, J. Sotiriou	Calvo Salve Miguel Angel	What matters is light: Light as matter. The experience of the course: The art & craft of building. Building with light	A. Sotirovopoulos, J. Tzouvalakaki, E. Triantafyllidis, G. Poulakos, S. Dimos	Innovative Building Materials at the Age of Computation: Reconsidering their Environmental Impact
19:45-20:00	Kadi Tamre	Aristotelis Dimitrakopoulos	"In the beginning was Matter" A Sympathy for Absent Matter, or Physical and A-physical Matters: From amputation to computation.	N. Juzwa, J. Swierczewski	Concept of a Smooth Box versus Surface Curvature in Architecture
20:00-20:15	J. Portiel, M. Lloveras, M. Mab-Alemay	Stefano Francesco Musso	It's (also) a matter of conservation. Immaterial values and physical architecture.	Enrique Arpillocusa	Reinventing the Traditional Materials used in Construction
20:15-20:30	Debate	Debate	Debate	Debate	Debate

4.09.2014					
Session 2A Chair: J.-P. Sousa Room 51 16:30 - 16:50		Session 2B Chair: Dave Lee Room 52 16:30 - 16:50		Session 2C Chair: S. Vyzovili Room 53 16:30 - 16:50	
16:30-16:45	Stavros Vergopoulos	August Karan	A Matter of Ether: Accounting for injustice with Kantian judgments	Justin Miller	Crafting Material Effects
16:45-17:00	Matthew Hall	Beti Marekko	What's the matter	Manolis Paterakis	Entity-oriented or process-oriented modelling in Architectural Thinking: the rise of the functional paradigm
17:00-17:15	Torsten Sack-Nielsen	Wendy W. Fok	Whose Digital Property? A matter of discussion in Open-Source within Computational design in Architecture	K. Velkov, G. Thini, C. Ripley	Matters of Air
17:15-17:30	Dimitris Gourdoukis	Despoina Zavraka	Neomodernism: Cultural delegations and emerging matters of death	Spyros Papadimitriou	What's the Matter with Design Models? From material investigations to 'Design Models'
17:30-17:45	David Abondano	M. Claydon, M. Jimenez Garcia	Towards the Irreducibility of Architectural Methodologies	A. N. Stig, A. Danco	Material, immaterial, perception and suggestion: Learning from XX century masterpieces
17:45-18:00	Ayoth Kamath	G. Wallis de Vries, K. Wuytsack	What's the Matter of Concern? A parliament of things lost and captured in Paris and Rome	Panagiotis Patsikas	Rise of the Antitopic
18:00-18:15	A. Kruse Aagaard, M. Lahmy	Anastasio Tellois	Matter reawakened	Ayad Rahmani	Twists and Turns in Recent Parametric Productions
18:15-18:30	Debate	Debate	Debate	Debate	Debate

4.09.2014					
Session 3A Chair: B. Marekko Room 51 19:00 - 20:30		Session 3B Chair: S. Vergopoulos Room 52 19:00 - 20:30		Session 3C Chair: J. Harrison Room 53 19:00 - 20:30	
19:00-19:15	N. Gaudillière, J. Dierckx, G. Baveret, C. Sollogoub	G. Trovati, P. Mantzou	Advanced, low-tech and intermediating materiality: Three trends for future architecture	G. Franco, S. Molanese	Material, immaterial, perception and suggestion. Learning from XX century masterpieces
19:15-19:30	Manuel Kretzer	Anne-Catrin Schultz	The Truth of Architectural Matter- Textiles, Nature and Real Thing	P. Sobieski, E. Trocka-Leszczynska	Materialization Consumer Needs in Contemporary Urban (selected aspects)
19:30-19:45	S. Vyzovili, J. Sotiriou	Calvo Salve Miguel Angel	What matters is light: Light as matter. The experience of the course: The art & craft of building. Building with light	A. Sotirovopoulos, J. Tzouvalakaki, E. Triantafyllidis, G. Poulakos, S. Dimos	Innovative Building Materials at the Age of Computation: Reconsidering their Environmental Impact
19:45-20:00	Kadi Tamre	Aristotelis Dimitrakopoulos	"In the beginning was Matter" A Sympathy for Absent Matter, or Physical and A-physical Matters: From amputation to computation.	N. Juzwa, J. Swierczewski	Concept of a Smooth Box versus Surface Curvature in Architecture
20:00-20:15	J. Portiel, M. Lloveras, M. Mab-Alemay	Stefano Francesco Musso	It's (also) a matter of conservation. Immaterial values and physical architecture.	Enrique Arpillocusa	Reinventing the Traditional Materials used in Construction
20:15-20:30	Debate	Debate	Debate	Debate	Debate

Session - What's the Matter 4 Friday 5.9.2014 COAC Plaça Nova, 5 09:30 - 12:30		
09:30 - 09:00	Registration	COAC Main Auditorium Entrance Hall
5.09.2014		
09:00 - 09:30	Marta Vozzaki	What's the Matter
Chair: Alberto Estevez Main Auditorium 09:30 - 12:30		
09:30 - 10:10	Justin Dirrenberger	Development of 'architected' materials through computational design
10:10 - 10:50	Carmen Andriani	Designing matter
10:50 - 11:30	Bob Shell	Fabricating the supernatural - the architecture of neither here nor there
11:30 - 12:00	Coffee Break	
12:00 - 13:00	Debate	
13:00 - 14:30	Lunch Break	
Session - What's the Matter 5 Friday 5.9.2014 COAC Plaça Nova, 5 14:00 - 18:30		
Chair: Henriette Bier Main Auditorium 14:00 - 18:00		
14:30 - 15:15	Philippe Morel	Matter and Money
15:15 - 16:00	Alisa Andrasek	Open Synthesis: Increased resolution fabric of architecture
16:00 - 18:45	Mario Carpo	Big Data is for Adding, not for Subtracting: On Additive and Subtractive Fabrication Technologies
18:45 - 19:15	Coffee Break	
19:15 - 18:15	Debate	
20:30 - 22:30	Dinner	
Session - What's the Matter 6 Saturday 6.9.2014 COAC Plaça Nova, 5 09:00 - 19:15		
Chair: Maria Mabe-Alemamy Main Auditorium 09:30 - 12:30		
6.09.2014		
09:00 - 09:45	Manoia Cruz	Paramateriality
9:45 - 10:45	Mark Sully	Tangible versus intangible materiality: Interpreting Gaudi and the
10:45 - 11:15	Coffee Break	
12:15 - 12:15	Debate	
12:15 - 14:15	Lunch Break	
Session - What's the Matter 7 Saturday 6.9.2014 COAC Plaça Nova, 5 14:15 - 18:45		
Chair: Marta Vozzaki Main Auditorium 09:30 - 12:30		
14:15 - 15:15	Klas Oosterhuis	Continuous Variation
15:15 - 16:15	Lars Spanghans	Beauty and Simplicity
16:15 - 17:15	Manuel Delanda	Material Affectivity
17:15 - 17:45	Coffee Break	
17:45 - 18:45	Debate	
18:45 - 19:45	Delanda's Comeback as Filmmaker	

The Conference will host the first preview-show of the three, out of the new series *Continuous Variations*, film-digital videos of 40-min duration with extraordinary effects by Manuel Delanda, who will also make the introduction. The series will be shown at the NYC Anthology Film Archives at the end of 2014.

ENHSA-EAAE INTERNATIONAL CONFERENCE

WHAT'S THE MATTER?

MATERIALITY AND MATERIALISM AT THE AGE OF COMPUTATION

SPEAKERS

- Manuel DELANDA
- LARS SPANGHANS
- Klas OOSTERHUIS
- PHILIP MOREL
- ALISA ANDRASEK
- MARCOS CRUZ
- JUSTIN DIRRENBERGER
- LUCCIANO PAREY
- PHILIPPE MOREL
- BOB SHELL
- JUSTIN DIRRENBERGER
- CARMEN ANDRIANI

SEPTEMBER 4, 2014
Registration/Conference opening/Photo presentations at COAC | 14:00 - 18:00 | Barcelona

SEPTEMBER 5, 2014
Morning lectures and debates at COAC | 09:30 - 12:30 | Barcelona

SEPTEMBER 6, 2014
Morning lectures and debates at COAC | 09:30 - 12:30 | Barcelona

DEPARTERS

enhsa | EAAE | COAC | Universitat de Catalunya | ETSAB

www.enhsa.net/WhatsTheMatter/

Preliminary Programme

Innovative building materials at the age of computation; reconsidering their environmental impact

A. Sotiropoulou¹, J. Tzouvadakis², E. Triantis³, G. Poulakos⁴, S. Dimou⁵

¹ Sch. Architecture, and Sch. Civil Eng., Tech. Univ. AtheTech. Univ. Campus, 9,
Heroon Polytechniou st., 15780 Athens,
Greece, alexia@central.ntua.gr

² Sch. Civil Eng., Tech. Univ. Athens
Tech. Univ. Campus, 9, Heroon Polytechniou st., 15780 Athens,
Greece, itzouvad.@otenet.gr

³ Dept. Architecture, Univ. Patras,
8, Kleitomachou st., 11636 Athens, Greece, ftriantis@gmail.com

⁴ Sch. Architecture, Tech. Univ. Athens
Tech. Univ. Campus, 9, Heroon Polytechniou st., 15780 Athens,
Greece, gpoulako@central.ntua.gr

⁵ **(Corresponding author)**
Sch. Civil Eng., Tech. Univ. Athens
Tech. Univ. Campus, 9, Heroon Polytechniou st., 15780 Athens, Greece,
mob. 6979 590461, stervovousa@hotmail.com

1. INTRODUCTION

Recent developments in science and technology (chemistry, materials science, etc.) often combined with concomitant advances in digital technology and production industry, have successfully supplied the building designer with a wide range of innovative materials. The latter are usually the outcome of laboratory tests, with applications to specific scientific fields, such as aerospace engineering, medicine [1] etc. Nevertheless many of these materials have additional properties applicable to solving complex problems in architectural design. Such materials have been used so far in pilot studies and projects as well as in some commercial applications in architecture, often with spectacular results.

Contrary to their smart capabilities, innovative building materials of the digital era, are at present not fully understood regarding their impact on the environment and on human health. Also, the global effects of such materials during and beyond their life cycle still remain relatively obscure.

The aim of the present study is to selectively review some innovative building materials and relevant techniques of the digital technology era, and discuss their properties and possible hazards to the environment. Available methods and policies for controlling risks and hazards will also be discussed, regarding the integration of such materials in contemporary architecture.

2. REVIEW, OF BUILDING MATERIALS AND TECHNIQUES AT THE AGE OF COMPUTATION

Innovative building materials of the digital technology era are associated with computers in various ways, some of which are listed below.

One way concerns the **creation** of new building materials via digital technology processes, such as nanotechnology (section 2.1 below).

Another way refers to computers as contributors to the **optimisation** of such materials in building design. Moreover, computer simulation and advanced relevant techniques, have also greatly contributed to predicting and anticipating the environmental impact of such materials (section 2.2 below).

Last, digital technology has introduced highly automated processes in real time **building production**. An example is the three-dimensional (three-D) building ‘printer’, which involves the entire construction process, starting from raw materials and concluding with the building on site (section 2.3 below).

The above, will now be discussed further, in the following text.

2.1. Building materials created via digital technology

A major trend in this direction, concerns applications of nanotechnology in creating new building materials. Nanotechnology is the outcome of science and technology which exploits the possibilities of matter that are derived from incredibly small material fractions of the order of 10^{-9} . Nanotechnology is providing architecture with new materials which are far more efficient than ordinary building materials, and which are also capable of dealing with complex situations in modern buildings.

2.1.1. Nanomaterials used in building finishes

A common example in this direction is paints based on titanium dioxide; the latter is nanomaterial capable of upgrading those paints so that they function as disinfectants and reducers of ambient pollution. Applications of this kind of paints are found in hospitals (Fig. 1), on street pavements [3], etc.



Fig. 1. Hospital in Mexico City; building façade with self cleaning properties, *year 2011* [2]

Furthermore, recent results from laboratory tests at the Tech. Univ. Athens in collaboration with the Center for Nuclear Research ‘Democritus’ in Athens [4] have demonstrated that ordinary mortar can achieve satisfactory self cleaning properties, if only less than 10% of its ordinary cement content is replaced by photocatalytic one; the latter is nanotechnology enabled product, based on titanium dioxide. Such mortar can, apparently, save a lot of maintenance/cleaning costs for building façades at, virtually, no extra cost.

Nevertheless, contrary to its smart capabilities titanium dioxide was recently found to be toxic and hazardous to human health. This will be discussed further, in section 2.1.5 below.

2.1.2. Nanomaterials used in building components

Despite recent findings about their environmental toxicity, nanomaterials such as titanium dioxide, are also currently used as ingredients in structural building components made of reinforced concrete, steel, etc. This technique can achieve spectacular results regarding self cleaning concrete façades; it can also improve anti-corrosion properties, plasticity etc. of steel building components, etc. An application can be seen in a church in Fig. 2, as well as in a bridge deck in Fig. 3.



Fig. 2. Misericordia church in Rome made of exposed white concrete with self cleaning properties, year 2003, arch. R. Meier & partners [5]



Fig.3. Iowa bridge deck USA; steel reinforcement of concrete slab nanoproccessed to develop anticorrosion properties and enhance mechanical capabilities, *year 2011* [6]

A prominent example of nanomaterials used in the production of building components, is liquid granite which is employed as an alternative to ordinary concrete. Liquid granite is made up of, between 30% to 70% recycled materials mainly from industrial wastes. Building components of liquid granite use less than one third of material, compared with ordinary concrete components; this has the advantage of reducing costs as well as reducing the building's carbon footprint. Furthermore the major advantage of liquid-granite, is high level of fire resistance; this makes the material suitable for high fire safety demands; for instance, around power stations, in domestic and commercial buildings, etc. An application of liquid granite can be seen in the Olympic Village of year 2012 in London (Fig. 4), and in Stratford Shopping Center also in London. Of course, liquid granite as a replacement of concrete must be used carefully, to avoid destroying historical character of buildings associated with ordinary concrete.



Fig. 4. Olympic Village 2012, London [7,8]

2.1.3. Phase Change Materials (PCM)

Any ordinary material can be ‘phase change’ depending on ambient conditions. An obvious example is water, which, according to ambient temperature can take the form of ice, liquid or gas. Modern PCM are created via advanced digital technology, such as nanotechnology, and have the advantage over ordinary materials, that they offer far higher thermal capacity [9,10]. PCM can be applied in building dividing partitions to efficiently control indoors thermal environment (Fig. 5).



Fig. 5. Phase change materials for thermal energy storage, built in a room’s ceiling [11]

2.1.4. Ultra light-weight super-strong materials

This is a new class of materials known as microarchitected metamaterials [12,13] they possess properties which are not found in nature. Namely, a layer of such material can maintain almost constant stiffness even at incredibly low densities and thicknesses. The secret of this incredible strength comes from the microarchitecture rather than from the ingredients themselves. An example is ‘Aerogel’, i.e. a group of nanomaterials which is currently, the record holder for the worlds’ lightest material (aerographene). In Fig. 6 an ‘aerogel’ layer is illustrated, only few mm thick, which can achieve much higher thermal insulation and fire resistance compared with an ordinary thick solid wall. The advantages of this class of materials in building applications are obvious.

Furthermore, one of the most impressive features of such materials, is that they can be ‘printed’ using a desktop machine (section 3.3 below). These materials are used in the manufacture of cars and space vehicles, and currently they are adopted in architecture.



Fig 6. A flower on top of aerogel layer insulating the flame below [14]

2.1.5. Associated likely risks and hazards

Contrary to the smart capabilities of innovative building materials of the computer era, there is only limited understanding regarding their impact on the environment and on human health. With regard to this, research efforts have been concentrated in various areas.

One main area concerns the investigation of **toxicity** of such materials. An example is the work at the Plymouth University [15,16] which has demonstrated, that nanoparticles of the titanium dioxide can have direct effects on brain and on the nervous system, which can also be fatal. Other relevant research concerning toxicity of titanium dioxide, has been reported in the 'École Supérieure de Technologie de Montréal' [17]; results from this work indicate that nanoparticles of this substance, can easily penetrate human body, either through respiratory system or through skin etc., thanks to the particles' fine nature. Furthermore, carbon nanotubes, which are used in the production of building insulating materials [18], have also been reported in relevant literature to be toxic [19].

Another area of research, addresses the question of **energy related environmental sustainability**. In this direction, it has been reported [20] that the energy consumption required for synthesising nanoparticles, is incompatible with current global energy crisis; also, cooling requirements involved in this process, are reported to end up, usually, in excessive water consumption.

Despite ongoing research, a lot of questions still remain unanswered regarding environmental fails and hazards associated with computer-based innovative building materials. Scientists are fully aware of this, and they have proposed that recipients, - in present case, the building industry, - should be alert concerning the use of such materials [21].

2.1.6. Policies for controlling environmental fails and hazards

Some governments in the developed world, have already founded relevant centres and research institutions [22,23,24]. for the promotion, investigation and balanced control of the use of such novel materials and techniques, in every day life applications. Examples are the London Centre for Nanotechnology [25] which is Europe's premier research centre in nanotechnology, as well as the National Nanotechnology Initiative (NNI) in the USA [26]; the latter is the first Initiative of this kind, to have, -only in this year-, announced Strategic Plans.

The NNI aims at maximising the benefits of nanotechnology while developing a process of evaluating and controlling potential risks and hazards from its application to the environment, health and safety. The vision of the NNI is a future in which «control of matter at the nanoscale, creates a revolution in technology and industry that benefits society». This vision is supported by four goals; namely:

- (i) Advance a world class nanotechnology research and developing program.
- (ii) Foster the transfer of new technologies into products for commercial and public benefits.

(iii) Develop and sustain educational resources, skilled workforce, and dynamic infrastructure and toolset to advance nanotechnology. Last,

(iv) Support responsible development of nanotechnology, with major reference to sustainability. Progress in this direction may provide answers as to what happens after the ultimate demolition of a building that is based on nanotechnology enabled products (NEP), recyclability of NEP's, etc.

2.2. Computer-based optimisation of use of materials in building design

2.2.1 General

New computational technologies can contribute to optimising the use of materials in architectural design. Complex design variables such as, properties of materials, availability, performance, design details, coherence with other building materials, economy, etc. are interplayed within the design process, allowing for an active relationship between performative criteria and design. Under such circumstances, innovative materials with their extended capabilities, can allow for new forms which are optimised through iterative computer procedures; this, eliminates waste mass and allows for marginally thin profiles.

Apparently, the old parameters that governed post modern architectural culture, are now giving way to a fresh approach to design, thinking in terms of 'material' behavior, 'new materialism' or 'digital materialism' could be used to describe this approach [27,28]. Amongst the most startling examples, which can stand as paradigms of 'new materialism' are: the 'Bird's Nest' Olympic stadium (Fig. 7), and the 'Water Cube' Olympic Aquatic centre, by PTW architects, [30], both in Beijing, produced on the occasion of the 2008 Olympics.



Fig. 7. 'Bird's Nest' Olympic Stadium, Beijing 2012,
Arup Herzog & De Meuron Architekten AG, China
Architecture & research Group [29]

2.2.2. Digital methods for preventing environmental fails and hazards

In employing new computational technologies in the building production, as described above (section 2.2.1 and 2.1), it is the architect's ultimate responsibility, to have relevant tests carried out, concerning sustainability as well as freedom from toxicity and environmental fails throughout the buildings lifecycle and even beyond.

In the interest of implementing such predictions, appropriate methods have been developed though relevant research.

One of these methods has been proposed in the Polytechnic University of Catalonia [31]. This, makes predictions concerning thirty-seven different environmental factors, such as emission in the air, waste generation, soil pollution, resource consumption, local impacts, impacts associated with transportation, effects on biodiversity and emergency situations and incidents, etc.

In that method, ranges are established concerning the magnitude of each type of environmental impact; such a range involves steps, namely: 'non-existent', 'hardly significant', 'slightly significant' and 'extremely significant'. The validity of this method has been confirmed through tests in four new construction projects. The method can be used by construction companies which want to achieve a certain environmental management result, either under the umbrella of ISO standards or through local community regulations.

Another method is B PATH from the Berkeley National Laboratory, USA [32], which concentrates on the environmental impacts of the structural building materials in commercial buildings. This method concerns the entire lifecycle and the ultimate demolition of the building down to its constituent parts.

Unfortunately, a limitation inherent in any such method is that results / predictions are based just on the (input) project data. Properties of innovative materials which are not fully understood, fail to be included in the input data, therefore they cannot possibly be accounted for in the results.

2.3. Digital processes for building fabrication

2.3.1 General

Digital materiality in architecture is reflected, amongst other ways, through digital processes of building fabrication, such as 3-D ‘printing’, leiser cutting etc.

By way of analogy to the desk-top printer, a three-D building ‘printer’ can use liquid materials in order to produce (‘print’) a building on site [33, 34]. Liquid materials can be either the above mentioned group of ultra light-weight super-strong, or they can be derived from ordinary materials such as plastic, glass filled polyamide, titanium, steel, photopolymers etc., after suitable processing. This advanced technique of building fabrication, has taken architecture way ahead the era of pre-construction.

The technique of three-D building ‘printing’ has already been applied in several instances, such as in the Landscape House in Amsterdam, which is the first commercially produced three-D-‘printed’ building in the world (Fig. 8). This house is still on course for a 2014 Exhibition.

The method of three-D ‘printing’ of buildings, is meant to be four times faster than normal construction methods (per square meter), and also a lot cheaper; this makes this technique invaluable in cases of urgent housing required, such as after earthquakes, fire, and other natural calamities. An additional feature is that the need of construction workers is minimised.



Fig. 8. Landscape House, Amsterdam. This ia a Möbius strip-shaped building ‘printed’ all in one go with one huge 3-D printer created by Italian roboticist E. Dini, arch. J. Ruijssenaars [35]

2.3.2. Limitations

Despite advantages, the three-D-‘printing’ technique has also inherent ecological fails such as exorbitant energy use, excessive noise production during operation, toxicity, and possible wasteful use of materials [33,34].

Toxicity is associated with melting of materials and concomitant fumes which are no good to be inhaled. Choosing good materials can be important, not only in reducing waste and even energy use, but also in reducing toxicity. While most three-D-‘printers’ use plastic, there are hundreds of materials, such as glass, starch, plaster, ceramics, etc., suitable for use with such printers.

Availability and transportability of raw materials is of course another question. Shortage of trained engineers and workers can also cause further concerns.

3. DISCUSSION

Computer-derived innovative materials and relevant techniques have been introduced into the building production just within the last decade, with spectacular effects. At the same time scientists, have been aware of the possible environmental fails and hazards associated with such materials and techniques. Despite this, there have been **hardly any Building Regulations** for the control of the above risks and hazards. Surprisingly, toxic materials of this kind are involved in commercial building applications, which are considered legal according to current regulations.

To cope with the above problem, Strategic Plans are currently on the way in a number of developed countries (section 2.1.6 above), aiming at maximising the benefits of such materials and methods, while developing processes for evaluating and controlling the associated environmental fails and hazards. However, until these plans can be implemented, commercial use of such materials needs be approached with care. **Engineering ethics**, under such circumstances, becomes an important issue.

In employing computer-based innovative materials and relevant techniques in the building production, architects, scientists and engineers are called for, who are specially trained to understand avant-gard technology of building materials. The architect is responsible to coordinate the building production, and apparently integrity is mandatory within the multidisciplinary team which is involved in the process. Yet, it is the architect’s ultimate responsibility, to have relevant tests carried out, concerning sustainability as well as freedom from toxicity and environmental fails throughout the building’s lifecycle and even beyond. In this context the need for appropriate **educational curricula in architecture** becomes apparent. In addition, this can improve awareness of questions and problems arising during advanced

building production processes; this in turn, can inform the academia of emerging current research topics.

Last, the incredible capabilities of computer derived innovative building materials, can occasionally be in contrast with specifications of materials prescribed by ordinary regulations. An example can be seen in the Greek regulations for energy performance of buildings (KENAK) [36]; the thick and solid external wall partitions prescribed by KENAK, could well be superseded nowadays by a few mm thick ‘ultra light-weight super-strong’ metamaterial (section 2.1.4.) This instance is indicative of the relativity of matter and of relevant building regulations.

4. CONCLUSIONS

Some of the smart capabilities of computer-based innovative building materials and relevant techniques have been illustrated in the above review, together with associated ecological fails and hazards. The nature and extent of the latter have not so far been fully investigated and understood, though current building regulations do not account for any of such hazards. Until such time arrives, that the currently announced Strategic Plans by developed countries, are implemented, commercial use of such materials needs be approached with care. Engineering ethics, under such circumstances becomes an important issue.

Considering avant-guard digital technologies which are associated with building materials and production, a timely necessity arises; this concerns, updating educational curricula and fostering interdisciplinary research in architecture. This can contribute to the goals of contemporary architecture, which aims for optimal design in a clean, toxic free and sustainable environment.

Acknowledgments

Thanks are expressed to the Rector of the Tech. Univ. Athens, prof. J. Golias, the Dean of the School of Architecture prof. Hel. Maistrou, and the Head of the Division of Architectural Technology prof. D. Papalexopoulos, for their support in our work. Thanks also go to professors E. Efessiou, E. Tsakanika, and F. Bougiatioti for useful collaboration.

References

[1] Jha R.K., Jha P.K., Chaudhury K., Rana S.V.S., Guha S.K. ‘An emerging interface between life science and nanotechnology: present status and prospects of reproductive healthcare added by nanotechnology’, *Nanoviews*, Vol. 5, 2014, pp. 1-19, <http://www.nano-reviews.net/index.php/nano/article/view/22762>.

[2] Wolonick J. 'Buildings can now eat pollution', *Minyanville*, 2013, <http://www.minyanville.com/sectors/technology/articles/Buildings-Can-Now-Eat-Pollution-AA/4/5/2013/id/49084>

[3] Kaiser T. 'Titanium dioxide in pavement could dramatically reduce NOx in air', *Daily Tech.*, 2010, <http://www.dailytech.com/Titanium+Dioxide+in+Pavement+Could+Dramatically+Reduce+NOx+in+Air/article19003.htm>

[4] Falaras P., Moustakas N.G., Papalexandratou E., Kontos A.G., Vlachos G.D., Sotiropoulou A.G., Tsvivilis S., Aspiotis K. 'Use of Photocatalytic Cement for the development of Self-Cleaning Construction Materials', Proceedings of the 8th European Meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications (SPEA8), Thessaloniki, Greece, June 25-28, 2014

[5] Gamozi G. 'Dives in Misericordia Church, the church of the third Millennium', *Italcementi Group*, 2003, pp. 1-2, http://www.italcementigroup.com/NR/rdonlyres/38BC84DA-6F1C-476B-A827-22E67B61AEC1/0/DivesinMisericordia_UK.pdf

[6] Construction Innovation Forum, 'Micro-Composite Resteel', 2004, NOVA Award Nomination 7, <http://www.cif.org/awards/2004/07 - Micro-Composite Resteel.pdf>

[7] 'Liquid Granite: Building Material of the Future Unveiled', *ScienceDaily*, Sheffield Hallam University, 4 November 2009. <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091029161253.htm>

[8] [https://www.google.gr/search?q=olympic+village&biw=1680&bih=905&tbm=isch&imgil=eDvVzBy_Apiy0M%253A%253BtLatYW5MLiZYvM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fen.wikipedia.org%25252Fwiki%25252FEast_Village%25252C_London&source=iu&pf=m&fir=eDvVzBy_Apiy0M%253A%252CtLatYW5MLiZYvM%252C_&usg=__QgblxAvaSJsnc5KISrY62sK70%3D&ved=0CEYQyjc&ei=T2s8VO3gKeT4yQOL8IHwBw#facrc=__&imgdii=__&imgrc=eDvVzBy_Apiy0M%253A%3BtLatYW5MLiZYvM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252Ff%252Ffe%252FOlympic_Village%252C_London%252C_16_April_2012_\(1\).jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fen.wikipedia.org%252Fwiki%252FEast_Village%252C_London%3B4252%3B2835](https://www.google.gr/search?q=olympic+village&biw=1680&bih=905&tbm=isch&imgil=eDvVzBy_Apiy0M%253A%253BtLatYW5MLiZYvM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fen.wikipedia.org%25252Fwiki%25252FEast_Village%25252C_London&source=iu&pf=m&fir=eDvVzBy_Apiy0M%253A%252CtLatYW5MLiZYvM%252C_&usg=__QgblxAvaSJsnc5KISrY62sK70%3D&ved=0CEYQyjc&ei=T2s8VO3gKeT4yQOL8IHwBw#facrc=__&imgdii=__&imgrc=eDvVzBy_Apiy0M%253A%3BtLatYW5MLiZYvM%3Bhttp%253A%252F%252Fupload.wikimedia.org%252Fwikipedia%252Fcommons%252Ff%252Ffe%252FOlympic_Village%252C_London%252C_16_April_2012_(1).jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fen.wikipedia.org%252Fwiki%252FEast_Village%252C_London%3B4252%3B2835)

[9] Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. 'Review on thermal energy storage with phase change', 2007, pp. 319-342, <http://www.seas.upenn.edu/~meam502/project/reviewexample2.pdf>

[10] Shuteerlin W. 'Phase Change Materials, A Brief Comparison of Ice Packs, Salts, Paraffins, and Vegetable-derived Phase

Change Materials', *The Journal of Pharmaceutical & Bio Pharmaceutical Contract Services*, 2011, <http://www.pharmoutsourcing.com/Featured-Articles/37854-Phase-Change-Materials-A-Brief-Comparison-of-Ice-Packs-Salts-Paraffins- and-Vegetable-derived-Phase-Change-Materials/>

[11] <http://www.climatetechwiki.org/technology/jiqweb-pcm-0>)

[12] Szondy D. 'New materials developed that are as light as aerogel, yet 10,000 times stronger', *Gizmag, Science*, 2014, <http://www.gizmag.com/llnl-ultralight-metamaterial/32589/>

[13] Trei M. 'Ultra strong building material mimics the structure of bone', *3d Printing Device*, 2014, <http://www.dvice.com/2014-2-14/ultra-strong-building-material-mimics-structure-bone>

[14]

[https://www.google.gr/search?q=A+flower+is+on+a+piece+of+aerogel+which+is+suspended+over+a+flame+from+a+Bunsen+burner.+Aerogel+has+excellent+insulating+properties,+and+the+flower+is+protected+from+the+flame.\(Wikipedia\)&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=53A8VIXmFYHgyQPXqYKqDQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=yjq48CygIKiLwM%253A%3BXauy28z2cipOrM%3Bhttp%253A%252F%252F2.bp.blogspot.com%252F-Tofyg4htKHM%252FUMkUcFveliI%252FAAAAAAAAAAFJA%252FIpZJcr3eak8%252Fs640%252F2.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.amazingworldonline.com%252Fsearch%252Flabel%252FVideos%3B464%3B539](https://www.google.gr/search?q=A+flower+is+on+a+piece+of+aerogel+which+is+suspended+over+a+flame+from+a+Bunsen+burner.+Aerogel+has+excellent+insulating+properties,+and+the+flower+is+protected+from+the+flame.(Wikipedia)&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=53A8VIXmFYHgyQPXqYKqDQ&ved=0CAYQ_AUoAQ#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=yjq48CygIKiLwM%253A%3BXauy28z2cipOrM%3Bhttp%253A%252F%252F2.bp.blogspot.com%252F-Tofyg4htKHM%252FUMkUcFveliI%252FAAAAAAAAAAFJA%252FIpZJcr3eak8%252Fs640%252F2.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.amazingworldonline.com%252Fsearch%252Flabel%252FVideos%3B464%3B539)

[15] Knapp A. 'Nanoparticles May Cause Kidney and Brain Damage', *Forbes*, 2011, <http://www.forbes.com/sites/alexknapp/2011/09/20/nanoparticles-may-cause-kidney-and-brain-damage/>

[16] Federici G., Shaw J.B., Handy D.R. 'Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects', *PubMed*, 2007, University of Plymouth,

[http://www.researchgate.net/publication/6112372_Toxicity_of_titanium_dioxide_nanoparticles_to_rainbow_trout_\(Oncorhynchus_mykiss\)_gill_injury_oxidative_stress_and_other_physiological_effects](http://www.researchgate.net/publication/6112372_Toxicity_of_titanium_dioxide_nanoparticles_to_rainbow_trout_(Oncorhynchus_mykiss)_gill_injury_oxidative_stress_and_other_physiological_effects)

[17] Vinches L., Boulebane Y., Perron G., Halle S., Dolez P., Wilkinson K.G. 'Swelling of Protective Gloves in Commercial TiO₂ Nanoparticles Colloidal Solutions' *International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology (IJTAN)*, 2012, pp. 45-51, 2012, <http://ijtan.avestia.com/2012/PDF/007.pdf>

[18] Lee C. 'A tangle of nanotubes make for great insulation', *Scientific Method/ Science & Exploration, ars technica*, 2009, <http://arstechnica.com/science/2009/03/a-tangle-of-nanotubes-in-your-roof-for-insulation/>,

[19] Du J., Wang S., You H., Zhao X. 'Understanding the toxicity of carbon nanotubes in the environment is crucial to the control of nanomaterials in producing and processing the assessment of health risk for human', *ScienceDirect*, 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668913001208>

[20] Malik P., Shankar R., Malik V., Sharma M., Mukherjee K.T. 'Green Chemistry based Benign Routes for Nanoparticle Synthesis', *Journal of Nanoparticles*, Vol. 2014, pp. 1-14, <http://www.hindawi.com/journals/jnp/2014/302429/>

[21] Zhang B., Misak H., Dhanasekaran P.S., Kalla D., Asmatulu R., 'Environmental Impacts of Nanotechnology and Its Products', *Proceedings of the 2011 Midwest Section Conference of the American Society for Engineering Education*, 2011, https://www.asee.org/documents/sections/midwest/2011/ASEE-MIDWEST_0030_c25dbf.pdf

[22] <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/Research-Areas-A-Z/Nanotechnology.html>

[23] <http://www.demokritos.gr/Contents.aspx?CatId=785>

[24] http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/policy_en.html

[25] <https://www.london-nano.com/>

[26] <http://www.nano.gov/>

[27] Leach N. 'New Materialism', *Wordpress*, 2009, <http://neilleach.files.wordpress.com/2009/09/new-materialism.pdf>

[28] Booth P. 'Digital materiality: emergent computational fabrication', *Proceedings*, 43th Annual Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA) 2009, Univ. of Tasmania

[29] <https://www.google.gr/search?q=birds+nest+olympic+stadium&biw=1680&bih=948&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=aH88VJ7UGeO6ygPHuYLYCw&ved=0CAYQAUoAQ#facrc=&imgdii=&imgsrc=ktNvDlMpFme5kM%253A%3BCOy9061-Kt4znM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.hindustantimes.com%252Fimages%252Fhtravel%252Fmultimedia%252Fasset%252FOlympic-Stadium.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.hindustantimes.com%252Fphotos-news%252Fphotos-travel%252Ftravel-beijing%252FArticle4-904535.aspx%3B600%3B400>

[30] National Aquatics Center ('Water Cube'), *TravelChinaGuide*, <http://www.travelchinaguide.com/attraction/beijing/water-cube.htm>

[31] 'Environmental Impact of Building Construction can now be predicted', *Plataforma SINC, Science Daily*, 2009, <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/02/090204140815.htm>

[32] Chen A. 'Quantifying the Environmental Impact of Structural Materials with B-PATH' *Environmental Energy Technologies Division (EETD), 40th Anniversary, Berkeley Lab.*, 2012, <http://eetd.lbl.gov/news/article/15177/quantifying-the-environmental-impact-of-structural-materials-with-b-path>

[33] Stephens B., Azimi P., El Orch Z., Ramos T. 'Ultrafine particle emissions from desktop 3-D printers', *ScinceDirect, Atmospheric Environment*, Vol. 79, 2013, pp. 334-339, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013005086>

[34] Brown S., 'Toxicity of abs plastic in 3-d printing.', *WhiteClouds*, 2013, <https://www.whiteclouds.com/toxicity-abs-plastic-3d-printing>

[35] https://www.google.gr/search?q=landscape+house+mobius+stripe&biw=1680&bih=948&tbm=isch&imgil=6h2awKnn39YH7M%253A%253BG64jhIDoKcyQDM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.wired.com%25252F2013%25252F01%25252Flandscape-house%25252F&source=iu&pf=m&fir=6h2awKnn39YH7M%253A%252CG64jhIDoKcyQDM%252C&usg=__fEQyYSpVUGXFC3og3S8QOWkETbw%3D&ved=0CCkQyjc&ei=q4Y8VMG GNcTiywOvmoGQAg#facrc=&imgdii=&imgrc=6h2awKnn39YH7M%253A%3BG64jhIDoKcyQDM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.wired.com%252Fwp-content%252Fuploads%252Fimages_blogs%252Fdesign%252F2013%252F01%252F420418_269609506441879_638365291_n.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.wired.com%252F2013%252F01%252Flandscape-house%252F%3B660%3B371

[36] Greek Regulations for Energy Performance of Buildings (KENAK), Measures for improving energy performance of buildings, (in Greek), 2010, No 3855

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ Μέθοδος B-Path. Αποτίμηση περιβαλλοντικού αντίκτυπου των δομικών κατασκευαστικών υλικών στα εμπορικά κτίρια.



Berkeley Lab Building Materials Pathways (B-PATH) Model Download

Agreement

By downloading the B-PATH model from this site you acknowledge the following disclaimer:

Warranty Disclaimer and Limitation of Liability Copyright (c) 2012 The Regents of the University of California, through Lawrence Berkeley National Laboratory (subject to receipt of any required approvals from the U.S. Department of Energy).

Model development was sponsored by the Portland Cement Association and the United States Government. While it is believed to contain correct information, neither the the Portland Cement Association nor the United States Government nor any agency thereof, nor The Regents of the University of California, nor any of their employees, makes any warranty, express or implied, or assumes any legal responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by its trade name, trademark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California. The views and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the Portland Cement Association, the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California.

Developed by researchers at Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), the Berkeley Lab Building Materials Pathways (B-PATH) Model aims to enhance environmental decision-making in the commercial building LCA, design, and planning communities through the following key features:

- 1) **Modeling of discrete technology options** in the production, transportation, construction, and end of life processes associated U.S. structural building materials. While there have been a number of stand-alone LCAs of commercial buildings and their materials, it is often difficult to transfer the results of these studies to assessments of real-world buildings. Specifically, the environmental impacts of structural materials for a given job site will depend in part on the technology characteristics of local and regional supply chains; these characteristics might differ from the “average” technology assumptions used in many building LCA studies and databases.
- 2) **Modeling of energy supply options** for electricity provision and directly combusted fuels across the building life cycle. Most LCA models allow for some user-defined energy supply assumptions. However, often the LCI data in such models are not sufficiently disaggregated into unit process technologies, whose energy use and fuel options (e.g., alternative fuels or fuel switching) can vary in practice. B-PATH allows for user-defined energy supply at the process technology level, which provides greater flexibility for modeling regional and production system energy supply variations for structural materials.
- 3) **Comprehensiveness of relevant building mass and energy flows and environmental indicators** to ensure that B-PATH’s discrete technology modeling approach allows for consideration of a range of environmental impacts in materials selection, and for different building elements.
- 4) **Ability to estimate modeling uncertainties** through easy creation of different life-cycle technology and energy supply pathways for structural materials, and easy consideration of different methodological assumptions (e.g., system boundaries and allocation protocols), which can serve as bounding scenarios on environmental impacts.
- 5) Encapsulation of the above features in a **transparent public use model**, which can be assessed and refined by the stakeholder community, expanded to include new technology options as they emerge over time, and can offer a fully citable public data resource.

Model development was focused on life-cycle pathways for three major structural materials options for commercial buildings: (1) reinforced concrete; (2) steel; and (3) lumber. The current version of B-PATH is targeted at low-rise construction (typically defined as 2-5 floors) due to the predominance of this building form in the U.S. commercial sector.

