

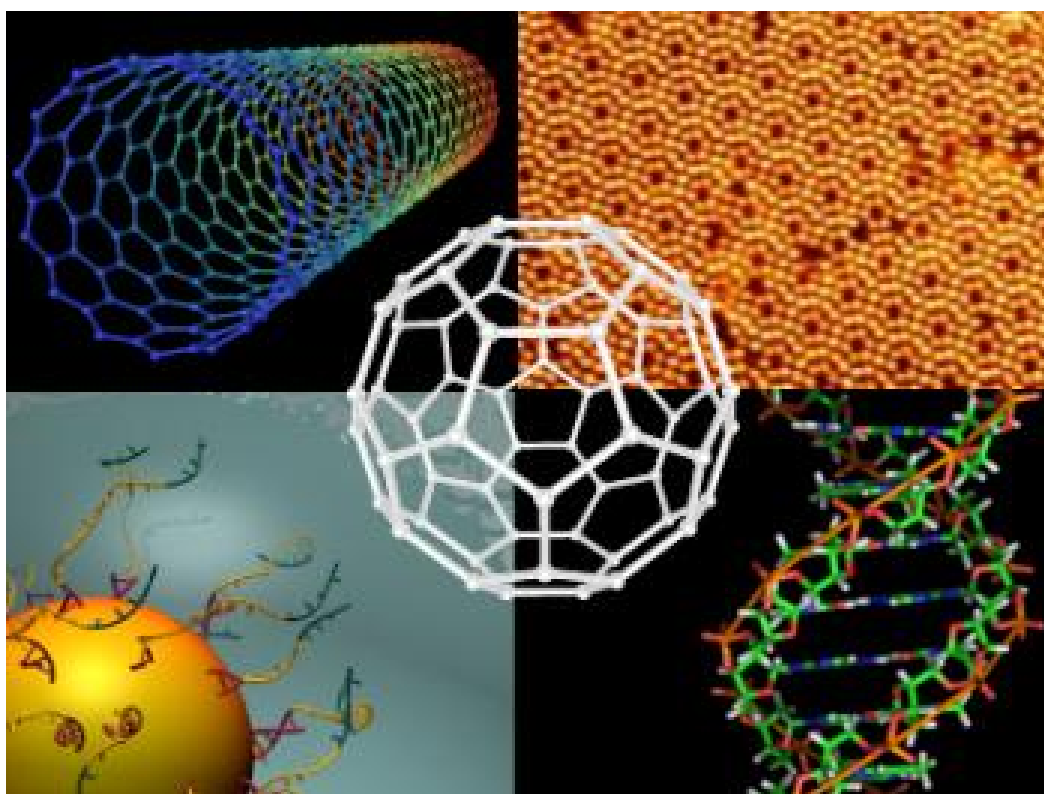
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΣΙΑΜΕΤΗ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΚΑΥΚΙΑ ΛΟΥΚΙΑ

ΕΙΣΙΓΗΤΗΣ: Δρ. Π. ΚΑΚΑΒΑΣ



ΠΑΤΡΑ 2014

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή μας κο. Κακαβά Παναγιώτη για την άριστη συνεργασία μας μαζί του. Η εκπόνηση αυτής της διπλωματικής δεν θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί δίχως την υποστήριξη, κατανόηση και τις άπειρες ώρες βοήθειας του ανθρώπου αυτού. Θέλουμε να τον ευχαριστήσουμε για την καθοδήγησή του σε σημαντικά κομμάτια της διπλωματικής, τις πολύτιμες γνώσεις που μας μετέδωσε αλλά και για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε.

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με τις Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας στα Υλικά Δόμησης. Ο τομέας αυτός εφαρμόζει την σύγχρονη Νανοτεχνολογία στην ανάπτυξη νέων υλικών δόμησης στη σύγχρονη οικοδομική. Η Νανοτεχνολογία έχει βρει μεγάλες εφαρμογές στην οικοδομική, στην ιατρική, στη ναυσιπλοΐα, στην αεροναυπηγική, σε ειδή σπορ και στη φαρμακευτική.

Στο πρώτο κεφάλαιο μελετήσαμε γενικά στοιχεία της Νανοτεχνολογίας, τρόπους παραγωγής των νανοϋλικών, ιδιότητες μηχανικές-ηλεκτρικές-φυσικοχημικές κτλ. Στο δεύτερο κεφάλαιο ασχοληθήκαμε με τις εφαρμογές των νανασωλήνων άνθρακα CNT (carbon nanotube) σε κατασκευαστικά υλικά, πχ σκυρόδεμα, δομικό χάλυβα, ξύλο, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα υλικά του φέροντα οργανισμού των κτιρίων. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέραμε τους τρόπους βελτίωσης ιδιοτήτων υλικών δόμησης, πχ αυτοκαθαρισμός υαλοπινάκων, επάλειψη ξύλου με CNT για την προστασία των από την υγρασία, επικάλυψη οπλισμένου σκυροδέματος με CNT για την αποφυγή του φαινομένου ενανθράκωσης, επάλειψη σιδηροπλισμού με νανοϋλικά για την προστασία των από την διάβρωση. Επίσης, εμπλουτισμός των χρωμάτων με νανοϋλικά επιφέρει την προστασία των από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται συνοπτικά στοιχεία για την τελευταία τεχνολογία κατασκευής έξυπνων κτιρίων, στα οποία χρησιμοποιούνται νανοϋλικά. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο και θα εφαρμοστεί στην πράξη στις επόμενες δεκαετίες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφερόμαστε σε στοιχεία μεταλλικών δοκών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κτιρίων, γεφυρών κτλ. Μελετήσαμε την συμπεριφορά τέτοιων δοκών με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων και παραθέσαμε την αντίστοιχη θεωρία για την μηχανική συμπεριφορά μεταλλικών δοκών. Στο έκτο κεφάλαιο μελετήσαμε αριθμητικά τη

συμπεριφορά συμβατικών μεταλλικών δοκών με το πρόγραμμα ANSYS και κατόπιν ενισχύσαμε χαλύβδινους δοκούς με νανοϋλικά για να μελετήσουμε την συμπεριφορά του σύνθετου υλικού, δηλαδή χάλυβα-CNT.

Τελικά παραθέσαμε συγκριτικά αποτελέσματα για χαλύβδινους δοκούς χωρίς ενίσχυση και με ενίσχυση CNT, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων (ANSYS).

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένες σπουδάστριες έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου εξίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες και δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδάστριες

Καυκιά Λουκία
(Υπογραφή)

Σιαμέτη Φωτεινή
(Υπογραφή)

Περιεχόμενα

Πρόλογος	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΝΟΥΛΙΚΩΝ	11
1.1 Εισαγωγικά	11
1.2 Η τελειότητα του απειροελάχιστου στην υπηρεσία του καλύτερου.	12
1.3 Η σημασία των μεγεθών	12
1.4 Οι αλχημιστές δικαιώνονται! Ένας παγκόσμιος επιχειρηματικός πυρετός	13
1.5 Δραστηριότητα με πολυκλαδικές εφαρμογές	14
1.6 Η νανοτεχνολογία στην Ελλάδα	15
1.7 Νανοηλεκτρονική	16
1.8 Νανοφωτονική	18
1.9 Νανοβιοτεχνολογία	19
1.10 Λειτουργικά Νανοσωματίδια και Νανοδομές	20
1.11 Υβριδικά Νανοσύνθετα Υλικά	22
1.12 Νανοδομημένες Επικαλύψεις	23
1.13 Νανοκατάλυση	24

1.14 Ανθρώπινο Δυναμικό και Δεξιότητες.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ	
ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	26
2.1 Εισαγωγή.....	26
2.2 Σκυρόδεμα.....	27
2.2.1 Πυριτία SiO ₂	28
2.2.2 Διοξείδιο του Τιτανίου TiO ₂	29
2.2.3 Νανოსωλήνες άνθρακα	30
2.2.4 Έξυπνα αδρανή	31
2.2.5 Αυτοσυμπκνούμενο σκυρόδεμα.....	33
2.2.6 Ενίσχυση με ίνες.....	33
2.3 Χάλυβας.....	35
2.3.1 Εφαρμογές σε Χαλύβδινα Καλώδια	36
2.3.2 Εφαρμογές σε Χαλύβδινα Βλήτρα	36
2.3.3 Εφαρμογές στις Χαλύβδινες Συγκολλήσεις.....	37
2.3.4 Εφαρμογές για Ελαστική Συμπεριφορά Χάλυβα	37
2.3.5 Ανοξειδωτος χάλυβας.....	38
2.3.6 Πυροπροστασία του χάλυβα	38
2.4 Ξύλο	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΆΛΛΑ	
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	41
3.1 Εισαγωγή.....	41
3.2 Θερμομόνωση	42
3.2.1 Μονωτικά Πάνελ Κενού (vacuum insulation panels VIPs)	42
3.2.2 Aerogel.....	44
3.3 Πυροπροστασία.....	46

3.3.1 Αντιπυρικό γυαλί (Aerosil)	46
3.4 Αντιμικροβιακή προστασία	48
3.5 Προστασία από τον ήλιο	49
3.5.1 Προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.....	49
3.5.2 Αντηλιακή προστασία	51
3.5.3 Μείωση αντανάκλασεων	52
3.6 Ρύθμιση θερμοκρασίας: Υλικά μεταβαλλόμενης φάσης (phase changing materials, PCMS)	53
3.7 Αυτοκαθαρισμός	57
3.7.1 Αυτοκαθαρισμός - «φαινόμενο του λωτού»	57
3.7.2 Το φαινόμενο της Φωτοκατάλυσης.....	60
3.8 Εφαρμογές κατά της υγρασίας	62
3.9 Εφαρμογές κατά των δακτυλικών αποτυπωμάτων.....	64
3.10 Καθαρισμός του αέρα	66
3.10.1.1 Εφαρμογές σε εσωτερικούς χώρους.....	66
3.10.1.2 Εφαρμογές σε εξωτερικούς χώρους	68
3.11 Χρονοδιάγραμμα	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ. I-SSB – THE INTERGRATED SAFE & SMART

BUILT CONCEPT	71
4.1 Γενικά	71
4.2 Βασικά Δομικά Στοιχεία	73
4.2.1 Αισθητήρες στους τοίχους	73
4.2.2 Γυψοσανίδες	73
4.2.3 Χαλύβδινα Πλαίσια	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ

ΔΟΚΩΝ	78
5.1 ΘΕΩΡΙΑ ΔΟΚΩΝ.....	78
A. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος	80
B. Εφαρμογές των πεπερασμένων στοιχείων σε δοκούς	81
Γ. Επίλυση του προβλήματος του προβόλου με πεπερασμένα στοιχεία	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ	84
A. ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΔΟΚΟΣ.....	84
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	86
A. Χωρίς Νανοϋλικά	86
B. Ενίσχυση με Νανουλικά	92
Βιβλιογραφία	96

Εικόνες

Εικόνα 1. 1 Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας στην κατασκευή γεφυρών.....	16
Εικόνα 1. 2 Ένα σύγχρονο κτίριο κατασκευασμένο από νανουλικά	21
Εικόνα 2. 1: Το αστραφτερό άσπρο σκυρόδεμα του εικονιζόμενου ναού στη Ρώμη, αναμένεται να παραμείνει καθαρό, με τη βοήθεια της πρόσμιξης TiO_2	29
Εικόνα 2. 2 α & β: CNT με ένα ή περισσότερα τοίχωματα	30
Εικόνα 2. 3 Το μίγμα ινών άνθρακα και συμβατικού σκυροδέματος είναι ένα ηλεκτρικά αγώγιμο «έξυπνο σκυρόδεμα» που μπορεί να παρακολουθείται και να ελέγχεται διαρκώς για διαφοροποιήσεις στην ηλεκτρική του αντίσταση, καθώς το υλικό υφίσταται φορτίσεις. Η εφαρμογή του σε φράγματα και άλλες κατασκευές που φέρουν τεράστιες πιέσεις θα ήταν ανεκτίμητης χρησιμότητας, καθώς θα μας προειδοποιούσε πολύ νωρίτερα για πιθανές αστοχίες.....	32
Εικόνα 2. 4 Διάστρωση αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος χωρίς τη χρήση δονητών.....	33
Εικόνα 2. 5 α&β: Δοκοί (α) και κολώνες (β) τυλιγμένες με φύλλα ινών	34
Εικόνα 3. 1 & Εικόνα 3. 2: Μονωτικοί πίνακες κενού VIPs.....	43

Εικόνα 3. 3 & Εικόνα 3. 4: Εφαρμογές Μονωτικών Πινάκων Κενού.....	44
Εικόνα 3. 5: Πλάκες από θερμομονωτικό υλικό aerogel.....	45
Εικόνα 3. 6: Λόγω των πολύ καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων του υλικού το ανθρώπινο χέρι δεν καίγεται.	45
Εικόνα 3. 7 & Εικόνα 3. 8: Aerosil: πυρογεννητικό πυριτικό οξύ.....	47
Εικόνα 3. 9 & Εικόνα 3. 10: Μοριακή δομή του aerosil.....	48
Εικόνα 3. 11: Αντιμικροβιακή σκόνη νανο-διοξειδίου του Τιτανίου.....	49
Εικόνα 3. 12 & Εικόνα 3. 13: Προϊόντα που χρησιμοποιούν εφαρμογές της νανοτεχνολογίας για προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.....	50
Εικόνα 3. 14 & Εικόνα 3. 15: Γάντια και στολή μεταβαλλόμενης φάσης.....	54
Εικόνα 3. 16: Μεταβολή φάσης του υλικού κατά την πρόσληψη θερμότητας.	54
Εικόνα 3. 17: Ταβάνι με διάταξη που έχει ως βάση νανο- κάψουλες παραφίνης, οι οποίες αλλάζουν από τη στερεά στην υγρή φάση, καθώς την ημέρα υγροποιούνται από την ηλιακή ακτινοβολία και το βράδυ αποδίδουν τη θερμότητα.	57
Εικόνα 3. 18: (α) Σταγόνες νερού σε φύλλα λωτού, (β) μικροδομή των φύλλων.....	57
Εικόνα 3. 19: (α) δυνάμεις πρόσφυσης μεταξύ στερεού - υγρού - αέριου, (β) σταγόνα υγρού σε υδρόφιλη επιφάνεια (γ) σταγόνα υγρού σε υδρόφοβη επιφάνεια.	58
Εικόνα 3. 20: Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου αυτοκαθαρισμού υδρόφοβων επιφανειών.....	59
Εικόνα 3. 21 & Εικόνα 3. 22: Το φαινόμενο του λωτού, πάνω σε εξωτερικές επιφάνειες, με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας.....	60
Εικόνα 3. 23: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας φωτοκατάλυσης.....	61
Εικόνα 3. 24: Νανοεπικάλυψη διοξειδίου του τιτανίου.	63
Εικόνα 3. 25 & Εικόνα 3. 26: Παραδείγματα κατασκευών που πάσχουν από το <<σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου>>.....	67
Εικόνα 3. 27: Τοιχεία του αυτοκινητόδρομου κατασκευασμένα από φωτοκαταλυτικό σκυρόδεμα .	69

Εικόνα 4. 1: Εταίροι του ερευνητικού προγράμματος I - SSB.....	71
Εικόνα 4. 2: Σχηματική απεικόνιση της τεχνικής οικοδόμησης με χαλύβδινα πλαίσια.....	77

Σχήματα

Σχήμα 5. 1: Δοκός φορτισμένη με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου	78
Σχήμα 5. 2: Θετικές και αρνητικές καμπτικές ροπές και καμπυλότητα με συμβατικές φορές	79
Σχήμα 5. 3: Πρόβολος με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου	81
Σχήμα 5. 4: Στοιχείο δοκού	81
Σχήμα 6. 1: Εισαγωγή του προβλήματος στο πρόγραμμα ANSYS.....	86
Σχήμα 6. 2: Μοντελοποίηση του προβλήματος στο ANSYS	87
Σχήμα 6. 3: Εισαγωγή της γεωμετρίας του προβλήματος στο ANSYS	88
Σχήμα 6. 4: Αποτελέσματα της συμπεριφοράς της δοκού υπό φόρτιση στο ANSYS.....	89
Σχήμα 6. 5: Επίδειξη κόμβων στο ANSYS	90
Σχήμα 6. 6: Παραμορφωμένο προφίλ του προβλήματος.....	91
Σχήμα 6. 7: Τάσεις στη δοκό.....	92
Σχήμα 6. 9: Μεταβολή του μέτρου κάμψης σε συνάρτηση του μέτρου ελαστικότητας του ενισχυμένου χάλυβα.....	94
Σχήμα 6. 10: Μεταβολή του βέλους κάμψης της δοκού σαν συνάρτηση του επί τις εκατό ενισχύσεις του χάλυβα μ CNTs.....	94

Πίνακες

Πίνακας 3. 1: Επίδραση της Νανοτεχνολογίας στις πρώτες ύλες των δομικών υλικών	70
Πίνακας 3. 2: Εξέλιξη των κτιρίων με τη Νανοτεχνολογία.....	70
Πίνακας 5. 1 Παραμορφώσεις και κλίσεις δοκών υπό την επίδραση τυπικών φορτίων και στηρίξεων.....	80
Πίνακας 5. 2 Ισοδύναμα κομβικά φορτία δοκών	83
Πίνακας 5. 3 Σύγκριση αναλυτικής επίλυσης του προβλήματος και πεπερασμένων στοιχείων.....	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΝΟΥΛΙΚΩΝ

1.1 Εισαγωγικά

Η χώρα μας για πολλά χρόνια είχε παραλείψει να θέσει τις υγιείς βάσεις που είναι προϋπόθεση για μια ανταγωνιστική οικονομία, για ανταγωνιστικές επιχειρήσεις¹. Η κρίση μας έχει οδηγήσει στην ανάγκη να αναθεωρήσουμε το παραγωγικό μας πρότυπο, και σε βραχύ χρονικό διάστημα να εισάγουμε μεταρρυθμίσεις που θα απελευθερώσουν το παραγωγικό μας δυναμικό και θα το βοηθήσουν να καταστεί διεθνώς ανταγωνιστικό. Πέρα από τα άμεσα μέτρα για τη σταθεροποίηση της οικονομίας και για την άρση των εμποδίων στην επιχειρηματικότητα, οι μεταρρυθμίσεις αυτές αναγκαστικά περιλαμβάνουν και πολιτικές που έχουν μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα και που ευθυγραμμίζονται με τις πολιτικές και πρακτικές των πιο ανεπτυγμένων εταίρων μας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στο πλαίσιο αυτό οφείλουμε να δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στην ενίσχυση της τεχνολογικής βάσης της ελληνικής παραγωγής. Η υπόθεση της ανταγωνιστικότητας είναι πρωτίστως συνάρτηση της ικανότητας μίας οικονομίας να διαπιστώνει έγκαιρα επερχόμενες αλλαγές στις τεχνολογίες οι οποίες είναι σημαντικές για τις παραγωγικές μονάδες και τις συνέπειες που αυτές έχουν στα επαγγέλματα και τις αναγκαίες δεξιότητες του ανθρώπινου δυναμικού. Στην κατεύθυνση αυτή, ο ΣΕΒ πήρε την πρωτοβουλία να αναπτύξει Δίκτυο Επιχειρηματικής και Τεχνολογικής Ενημέρωσης σε συνεργασία με το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας. Το Δίκτυο αυτό δίνει σήμερα τα πρώτα αποτελέσματα, που αφορούν στον προσδιορισμό και χαρτογράφηση τεχνολογιών αιχμής σε οκτώ τομείς ιδιαίτερης σημασίας για την ελληνική επιχειρηματικότητα και ανταγωνιστικότητα. Περιεκτική σύνοψη των ευρημάτων που

¹ www.sevstegi.org.gr

αφορούν την περιοχή της νανοτεχνολογίας παρουσιάζεται στην ενημερωτική έκθεση που ακολουθεί. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής αναδεικνύουν μια άλλη όψη της χώρας μας. Είναι μια όψη δυναμική, αναπτυξιακή, είναι η όψη της έρευνας, της τεχνολογικής προσπάθειας, της καινοτομίας. Ο ΣΕΒ, εκπροσωπεί τις σύγχρονες και οργανωμένες επιχειρήσεις, οι οποίες, παρά τη δυσμενή συγκυρία, εξακολουθούν να επενδύουν στις νέες τεχνολογίες. Με την παρούσα εργασία ο ΣΕΒ εισάγει εμφατικά την τεχνολογία και καινοτομία στον δημόσιο διάλογο, και θέτει αυτό το υλικό καθώς και τον μηχανισμό παραγωγής του στη διάθεση τόσο της πολιτείας όσο και της επιχειρηματικής κοινότητας, επιθυμώντας να συμβάλει στη συζήτηση για την οριοθέτηση των τεχνολογικών προϋποθέσεων της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής οικονομίας.

1.2 Η τελειότητα του απειροελάχιστου στην υπηρεσία του καλύτερου.

Η Νανοτεχνολογία αποτελεί μια από τις πιο πολλά υποσχόμενες νέες τεχνολογίες και αναμένεται να παίξει κατά τον 21ο αιώνα τον ρόλο που έπαιξε η ανάπτυξη της μεταλλουργίας κατά τον 19ο αιώνα και της μικροηλεκτρονικής κατά τον 20ο. Η Νανοτεχνολογία παρουσιάζει εντόνως διεπιστημονικό χαρακτήρα, συνδυάζοντας επιστημονικές προσεγγίσεις από τη φυσική, τη χημεία, την επιστήμη υλικών και τη βιολογία, ενώ η ποικιλία αναμενόμενων εφαρμογών της στην τεχνολογία των υλικών, την ηλεκτρονική, την ιατρική και τη χημική βιομηχανία της προσδίδουν και ισχυρώς διακλαδικό χαρακτήρα. Εκτιμάται δε ότι θα αποτελέσει το εφελτήριο για την οικονομική ανάπτυξη και την μακροπρόθεσμη αύξηση της παραγωγικότητας και ταυτόχρονα ένα εργαλείο αντιμετώπισης των μεγάλων προκλήσεων της κοινωνίας, όπως η γήρανση του πληθυσμού, οι επενέργειες της κλιματικής αλλαγής και η μειωμένη διαθεσιμότητα φυσικών πόρων.

1.3 Η σημασία των μεγεθών

Η Νανοτεχνολογία ως όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη σύνθεση και αξιοποίηση υλικών που έχουν δομικά χαρακτηριστικά με μέγεθος ανάμεσα σε εκείνα των ατόμων και σε εκείνα των μακροσκοπικών υλικών, δηλαδή συστήματα όπου τουλάχιστον η μία τους διάσταση είναι στην κλίμακα των μερικών νανομέτρων (1-100 nm), όπου 1 νανόμετρο είναι το ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου. Οι ιδιότητες της ύλης σε αυτή την κλίμακα επιτρέπουν διεργασίες τελείως διαφορετικές από τις συνηθισμένες. Οι περισσότερες εφαρμογές στο μέλλον θα εκμεταλλευτούν αυτό ειδικά το γεγονός, δηλαδή ότι οι φυσικοχημικές ιδιότητες των υλικών με διαστάσεις νανομέτρου διαφέρουν σημαντικά από

αυτές των αντίστοιχων μακροσκοπικών υλικών.² Νανοσωματίδια έχουν την ικανότητα να διαπερνούν κυτταρικές και άλλες βιολογικές μεμβράνες με διαφορετικό τρόπο από ότι αντίστοιχα μακροσκοπικά σωματίδια. Οι νανοδομές διαφέρουν από τα μακροσκοπικά υλικά όσον αφορά τις ηλεκτρικές και μαγνητικές τους ιδιότητες, την επιφανειακή και μηχανική τους συμπεριφορά, την σταθερότητα, τη χημική ή βιολογική τους συμπεριφορά αλλά και τα οπτικά τους χαρακτηριστικά παρέχοντας νέες ριζοσπαστικές λύσεις σε προβλήματα πολλών διαφορετικών βιομηχανιών. Νέα χαρακτηριστικά μπορούν να εμφανιστούν σε πολλά υλικά στην νανοκλίμακα, κάτι το οποίο αυξάνει περαιτέρω το εύρος των περιοχών εφαρμογής και συνεπάγεται σημαντική επίδραση για όλες τις βιομηχανίες οι οποίες επεξεργάζονται και χρησιμοποιούν τέτοια υλικά. Το πεδίο της Νανοτεχνολογίας έχει δημιουργήσει έναν ενθουσιασμό στην επιστημονική κοινότητα και γέννησε ελπίδες και προσδοκίες τα τελευταία έτη. Από τη φύση του το αντικείμενο έχει ιδιαίτερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον ασχολούμενο με «μικροσκοπικά» αντικείμενα στην κλίμακα των νανομέτρων. Έχει πράγματι ήδη επιτευχθεί σημαντική πρόοδος τόσο στην σύνθεση, οργάνωση και παρασκευή νανοϋλικών, όσο και σε πιθανές χρήσεις τέτοιων υλικών σε μία ευρεία κατηγορία τεχνολογικών εφαρμογών. Την ερχόμενη δεκαετία κατά πάσα πιθανότητα θα γίνουμε μάρτυρες μίας αλματώδους προόδου στην προετοιμασία-παρασκευή, στο χαρακτηρισμό και στη βιομηχανική αξιοποίηση και εκμετάλλευση νανοσωματιδίων, νανοσωλήνων και άλλων νανοαντικειμένων όπως και των δομών της αυτοοργάνωσής τους.

1.4 Οι αλχημιστές δικαιώνονται! Ένας παγκόσμιος επιχειρηματικός πυρετός

Όλες οι ανεπτυγμένες χώρες αναγνωρίζουν τη Νανοτεχνολογία ως στρατηγική προτεραιότητα και επενδύουν σημαντικά ποσά στην Έρευνα και Τεχνολογική Ανάπτυξη: ενδεικτικά, το 2008 στην Ευρώπη η συνολική κρατική χρηματοδότηση ήταν 2,6 δισεκατομμύρια δολάρια σε σύγκριση με 1,6 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και περίπου 2,8 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ασία. Η σημασία της Νανοτεχνολογίας για την βιομηχανία φαίνεται επίσης από τους πόρους που η ίδια η Βιομηχανία διαθέτει για Έρευνα και Τεχνολογική Ανάπτυξη: ενδεικτικά, το 2008 δαπανήθηκαν 1,7 δισεκατομμύρια δολάρια

² www.sevstegi.org.gr

στην Ευρώπη, 2,7 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και 2,8 δισεκατομμύρια δολάρια στην Ασία³

1.5 Δραστηριότητα με πολυκλαδικές εφαρμογές

Προϊόντα Νανοτεχνολογίας κυκλοφορούν ήδη με εφαρμογές σε διαφορετικούς κλάδους, πχ. χημική βιομηχανία (νανοδομημένα ενεργά αντιδραστήρια, νανοσωλήνες άνθρακα, πολυμερικά νανოსύνθετα, υβριδικά σύνθετα), βιομηχανία ηλεκτρονικών(ηλεκτρονικά πυριτίου, κρυσταλλοτρίοδοι νανοκλίμακος, πολυμερή ηλεκτρονικά, οθόνες εκπομπής πεδίου με νανοσωλήνες άνθρακα, μνήμες MRAM, μνήμες αλλαγής φάσης), οπτικά και συστήματα απεικόνισης (οπτικά μεγάλης ακριβείας, αντιανακλαστικά στρώματα, LED και διοδικά lasers, μικροσκόπια με διακριτική ικανότητα νανομέτρων, οργανικές LED, διδιάστατοι φωτονικοί κρύσταλλοι), την ιατρική (νανοσωματίδια ως μέσα αντίθεσης και μεταφορείς φαρμάκων, νανομεμβράνες για αιμοκάθαρση, νανοδομημένα υλικά ως υποκατάστατα οστού, καρκινική νανοθεραπεία), το περιβάλλον (νανοδομημένοι καταλύτες, νανομεμβράνες για συστήματα αποχέτευσης, αντιανακλαστικά επιστρώματα για ηλιακές κυψελίδες, νανοκυψελίδες καυσίμων, νανοσωματίδια σιδήρου για απολύμανση υπογείων υδάτων, νανοδομημένο οξείδιο του τιτανίου για φωτοκατάλυση), την αυτοκινητοβιομηχανία (νανοδομημένα επιστρώματα, νανοεπιστρωμένοι ψεκαστήρες Diesel, νανοδομημένα μείγματα για ελαστικά, νανοσωματίδια ως πρόσθετα Diesel, νανοδομημένες μπαταρίες ιόντων λιθίου, προβολείς LED) και την κλωστοϋφαντουργία (νανοσωματίδια για απώθηση ρύπων, αντιβακτηριδιακές ιδιότητες και προστασία από το υπεριώδες, αερογέλες για θερμική προστασία, κεραμικά νανοσωματίδια για αντίσταση σε εκδορά). Το 2009 παρήχθησαν προϊόντα που ενσωμάτωναν Νανοτεχνολογία συνολικής αξίας 254 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ενώ διάφορες προβλέψεις εκτιμούν πως το 2013 η αξία αυτή θα ξεπεράσει τα 1,6 τρισεκατομμύρια δολάρια (Πηγή Research and Markets Report), το 2015 η αξία θα ξεπεράσει τα 2,5 τρισεκατομμύρια (Πηγή Forfas) ή ακόμα και τα 3 τρισεκατομμύρια δολάρια (Πηγή US NSF).

³ www.sevstegi.org.gr

1.6 Η νανοτεχνολογία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται κατά την τελευταία 15ετία ερευνητικές ομάδες και εργαστήρια από ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια με μεγάλη επιτυχία.⁴ Έλληνες ερευνητές έχουν δραστηριοποιηθεί με επιτυχία στο 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο για την Έρευνα και την Τεχνολογική Ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (το κύριο πανευρωπαϊκό εργαλείο για χρηματοδότηση της έρευνας) υλοποιώντας 32 έργα και συντονίζοντας 4 από αυτά, ενώ τα ερευνητικά αποτελέσματα των ελληνικών ομάδων παρουσιάζονται σε ~1300 επιστημονικές δημοσιεύσεις μετά το 2000 με πάνω από ~17000 ετεροαναφορές. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 27η θέση, μπροστά από πλουσιότερες χώρες (π.χ. Αυστρία και Δανία), χώρες με ανεπτυγμένο εκπαιδευτικό σύστημα και βιομηχανία αλλά και κουλτούρα και οικοσύστημα καινοτομίας (π.χ. Φινλανδία), καθώς και χώρες με παρόμοια δομικά και οικονομικά χαρακτηριστικά (π.χ. Πορτογαλία) έστω και αν έχουν στο έδαφός τους εταιρείες κολοσσούς με δραστηριότητα σε Νανοτεχνολογία (π.χ. Ιρλανδία), δείγμα ύπαρξης κρίσιμης μάζας ερευνητικού ανθρώπινου δυναμικού. Χρησιμοποιώντας ως μέτρο τον αριθμό των δημοσιεύσεων, κύριοι παίκτες από τα ερευνητικά κέντρα είναι το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ) και το ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» με το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών (ΕΙΕ) και το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ) να έχουν επίσης σημαντική «παραγωγή». Από τα Πανεπιστήμια, το Πανεπιστήμιο Πατρών μαζί με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) έχουν την μεγαλύτερη δραστηριότητα, με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), το Πανεπιστήμιο Κρήτης, το Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ) και το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων να αποτελούν τους άλλους μεγάλους παίκτες. Μεμονωμένες ερευνητικές ομάδες υπάρχουν και στο Πολυτεχνείο Κρήτης, το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ) και στα ΤΕΙ Κρήτης, Αθηνών και Δυτ. Μακεδονίας. Στην διεπαφή με την Βιοτεχνολογία σημαντική δραστηριότητα υπάρχει και στα ερευνητικά κέντρα ΕΚΕΒΕ Φλέμινγκ, Ελληνικό Ινστιτούτο Παστέρ και στην Ακαδημία Αθηνών. Στην Ελλάδα αρχίζει να αναδύεται την τελευταία 5ετία επιχειρηματική δραστηριότητα με αποκλειστική παραγωγή προϊόντων Νανοτεχνολογίας, Οι επιχειρήσεις νανοτεχνολογίας είναι καινοφανείς και προέρχονται είτε από ερευνητικά κέντρα ως τεχνοβλαστοί (Nanothinx ΑΕ - εταιρεία παραγωγής νανοσωλήνων άνθρακα), είτε τεχνοβλαστοί εταιρειών (Glonatech ΑΕ - εταιρεία παραγωγής νανοδομών άνθρακα & νανοσυνθέτων) είτε είναι start-up επιχειρήσεις (NanoPhos ΑΕ - εταιρεία παραγωγής νανοδομημένων επικαλύψεων για αδιαβροχοποίηση επιφανειών και Brite Solar - εταιρεία παραγωγής νανοδομημένων και διάφανων

⁴ www.sevstegi.org.gr

φωτοβολταϊκών υμενίων).⁵ Τούτο οφείλεται στο ότι ως τεχνολογικό πεδίο, η Νανοτεχνολογία είναι στο όριο της επιστημονικής γνώσης και, σε διεθνές επίπεδο, έχει αναπτυχθεί ραγδαίως μόνο κατά την τελευταία 15ετία.



Εικόνα 1. 1 Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας στην κατασκευή γεφυρών

Οι ελληνικές εταιρείες είναι μικρομεσαίες επιχειρήσεις έντασης γνώσης, με έντονη δραστηριότητα Ε&ΤΑ και συμμετοχή σε εθνικά και ευρωπαϊκά ερευνητικά έργα. Παράλληλα, υπάρχει πολύ σημαντική επιχειρηματική δραστηριότητα στην μικροηλεκτρονική και την βιοτεχνολογία με αρκετές από τις εταιρείες σε αυτούς τους κλάδους να κάνουν τα πρώτα τους βήματα ενσωματώνοντας Νανοτεχνολογία σε προϊόντα, μεθόδους και τεχνικές σχεδίασης και κατασκευής.

1.7 Νανοηλεκτρονική

Η παγκόσμια βιομηχανία ημιαγωγών στηρίζει το ένα έκτο του συνόλου της παγκόσμιας οικονομίας και επενδύει εκ νέου έως και 20% των εσόδων της σε έρευνα και ανάπτυξη. Αυτά τα δύο γεγονότα και μόνο καθιστούν τη βιομηχανία αυτή ακρογωνιαίο λίθο για κάθε χώρα που θέλει να παραμείνει στην πρωτοπορία της οικονομίας της γνώσης. Η νέα εποχή της

⁵ www.sevstegi.org.gr

νανοηλεκτρονικής αναφέρεται σε διατάξεις ημιαγωγών, καθώς και σε εξαιρετικά μικροσκοπικά ηλεκτρονικά υποσυστήματα και στην ενσωμάτωσή τους σε μεγαλύτερα προϊόντα και συστήματα. Αν και η επιτυχία ή η αποτυχία των μεμονωμένων προϊόντων και υπηρεσιών είναι δύσκολο να προβλεφθεί, οι τάσεις της τεχνολογίας που απαιτούνται για την ταχεία πρόοδο της νανοηλεκτρονικής δεν είναι τόσο δύσκολο να ταυτοποιηθούν. Η πιο προφανής από αυτές είναι η διασφάλιση της συνέχισης του Νόμου του Moore δηλαδή της πρόβλεψης ότι το κόστος ανά τρανζίστορ σε ένα τσιπ πυριτίου θα μειώνεται κατά το ήμισυ κάθε δύο με τρία χρόνια. Οι υπόλοιπες αναφέρονται σε σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπουν μη ψηφιακές μικρο/νανοηλεκτρονικές λειτουργίες, σε τεχνολογίες που επιτρέπουν την ολοκλήρωση στοιχείων σε μορφή εγκιβωτισμένου συστήματος, σε νέες ριζοσπαστικές λειτουργίες βασισμένες σε Νανοτεχνολογία για μελλοντικές εφαρμογές, σε λογισμικό και εργαλεία για γεφύρωση της διαφοράς ανάμεσα στο τι μπορεί θεωρητικά να σχεδιαστεί και τι μπορεί πρακτικά να εφαρμοστεί και τέλος στην ανάπτυξη εξοπλισμού νανοηλεκτρονικής ειδικών εφαρμογών. Οι εφαρμογές της νανοηλεκτρονικής είναι σε τομείς όπως τηλεπικοινωνίες-υπολογιστές-κυβερνοχώρος, αυτοκινητοβιομηχανία, άμυνα-διάστημα-ασφάλεια, ενέργεια-περιβάλλον, υγεία και βιομηχανικός εξοπλισμός. Σε παγκόσμιο επίπεδο ο κλάδος της μικρο&νανοηλεκτρονικής χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κέντρων συγκέντρωσης των βιομηχανικών δραστηριοτήτων (Silicon Valley, Grenoble, Cork/Ireland, Catania).⁶ Οι κύριοι λόγοι για την δημιουργία αυτών των κέντρων είναι η ύπαρξη πρωτοποριακών ερευνητικών δραστηριοτήτων (πχ. στην Silicon Valley καταλυτικό ρόλο παίζει η ύπαρξη των Πανεπιστημίων του Stanford και Berkeley) και η στήριξη από μέρους των τοπικών κρατικών φορέων αφ' ενός των ερευνητικών φορέων και της αντίστοιχης συνεργασίας ερευνητικών φορέων με επιχειρήσεις και αφ' ετέρου η ενθάρρυνση των επιχειρήσεων με κίνητρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι παρ' όλη τη διεθνοποίηση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων οι καινοτομίες εξακολουθούν σε μεγάλο βαθμό να αναπτύσσονται τοπικά μέσω της συνεργασίας ομοειδών επιχειρήσεων και μεταξύ επιχειρήσεων και ερευνητικών φορέων. Μια τέτοια συνεργασία επιχειρήσεων αποτελεί η Ένωση Ελληνικής Βιομηχανίας Ημιαγωγών (ENEBH) που ιδρύθηκε το 2005 και εκπροσωπεί τη βιομηχανία ημιαγωγών, μικρο&νανοηλεκτρονικής και ενσωματωμένων συστημάτων στην Ελλάδα. Συγκεντρώνει 50 βιομηχανικά μέλη και 30 πανεπιστήμια και ινστιτούτα. Στα βιομηχανικά μέλη περιλαμβάνονται από μικρές νεοσύστατες επιχειρήσεις μέχρι θυγατρικές πολυεθνικών εταιριών, με την πλειοψηφία να είναι ταχέως αναπτυσσόμενες μικρομεσαίες επιχειρήσεις, που εξυπηρετούν τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας της

⁶ www.sevstegi.org.gr

μικροηλεκτρονικής. Ο Συνεργατικός Σχηματισμός Συστημάτων και Εφαρμογών Νανο/Μικροηλεκτρονικής (mi-Cluster), φέρει τη σφραγίδα του πρώτου επιχειρηματικού cluster καινοτομίας στην Ελλάδα. Σήμερα ο αριθμός των μελών ξεπερνά τους 120 φορείς (μεγάλες και μικρές επιχειρήσεις, πανεπιστημιακά εργαστήρια, ΤΕΙ, ερευνητικά ινστιτούτα, τεχνολογικά πάρκα, δίκτυα, ενώσεις, συνδέσμους, παρόχους υπηρεσιών, οργανισμούς μεταφοράς τεχνογνωσίας, χρηματοπιστωτικούς οργανισμούς, εθνικές και περιφερειακές αρχές και υπηρεσίες που ασχολούνται με τη βιομηχανική, περιφερειακή, ερευνητική ή τεχνολογική ανάπτυξη και πολιτική και μέσα μαζικής επικοινωνίας) σε όλη την Ελλάδα. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του mi-cluster έπαιξαν τόσο το Corallia ως συντονιστής όσο και η ΕΝΕΒΗ ως βιομηχανική ένωση του κλάδου. Το mi-Cluster χρηματοδοτήθηκε με 30 εκ. ευρώ από το ΕΠΑΝ ΙΙ.

1.8 Νανοφωτονική

Η Φωτονική αποτελεί ένα πολυδιάστατο τεχνολογικό και επιστημονικό πεδίο όπου το φωτόνιο (κβάντο ενέργειας του φωτός) χρησιμοποιείται ως βασικό εργαλείο για μετατροπή ενέργειας, αλληλεπίδραση με ζωντανούς ιστούς και υλικά, διαδικασίες μέτρησης και διάγνωσης, μεταφορά, αποθήκευση και κρυπτογράφηση πληροφορίας, σχεδιασμό υλικών και λειτουργιών και φωτισμό.⁷ Η ταχεία και αποτελεσματική ανάπτυξη υλικών νανοσκοπικής κλίμακας και ιδιοτήτων υποβοήθησε έτσι ώστε κατά την τελευταία 15ετία να αναδυθεί και εξελιχθεί ο υποτομέας της Νανοφωτονικής. Η Νανοφωτονική αποτελεί το επιμέρους πεδίο της Φωτονικής όπου τα φυσικά φαινόμενα και οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης και διάδοσης του φωτονίου μέσα στην ύλη καθορίζονται από τις επιμέρους διαστάσεις, και τις φυσικές, χημικές και δομικές ιδιότητες του υλικού όπως αυτές διαφοροποιούνται σε νανοσκοπικό επίπεδο και εξετάζονται σε χαρακτηριστικά μήκη κύματος ίσα ή μικρότερα των φυσικών διαστάσεων του συστήματος. Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Έρευνα και την Καινοτομία «Ορίζοντας 2020», η νανοφωτονική αποτελεί μια από τις Βασικές Τεχνολογίες Ευρείας Εφαρμογής (Key Enabling Technologies) που θα συμβάλουν στην τεχνολογική πρωτοπορία της Ευρώπης. Η Νανοφωτονική μπορεί να βρει εφαρμογή σε νέα μηχανήματα και υλικά που επιτρέπουν: ανίχνευση βιολογικών και χημικών ουσιών, οθόνες, νέες πηγές λέιζερ, νανοχειρουργική, τηλεπικοινωνίες, φασματοσκοπία, αισθητήρες πίεσης, αποθήκευση δεδομένων, ανίχνευση νανοσωματιδίων και ρύπων, νανοηλεκτρονική, τεχνολογίες

⁷ www.sevstegi.org.gr

βιοαισθητήρων, φωτοβολταϊκή τεχνολογία, τεχνολογία τροφίμων, αισθητήρες δομικής καταπόνησης, άμυνα, ασφάλεια, μεταφορές. Οι Νανοφωτονικές Τεχνολογίες δείχνουν να έχουν μεγαλύτερη διείσδυση στους τομείς της άμυνας στις ΗΠΑ (τεχνολογία προστασίας προσωπικού στο πεδίο της μάχης) και computing, στην ΕΕ αυτές στρέφονται προς τον χώρο της υγείας, πηγών φωτός, λέιζερ και συσκευών αισθητήρων και ανάλογα στην Άπω Ανατολή/Ιαπωνία στον τομέα των οθονών προβολής και αποθήκευσης δεδομένων. Στην Ελλάδα υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα στο πεδίο της Νανοφωτονικής. Ερευνητικές ομάδες από ΑΕΙ, ΤΕΙ και ερευνητικά κέντρα συμμετέχουν με μεγάλη επιτυχία σε πάνω από είκοσι ερευνητικά έργα χρηματοδοτούμενα από το 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Υπάρχουν περισσότερες από δώδεκα Ελληνικές Εταιρείες οι οποίες δραστηριοποιούνται στον ευρύτερο τομέα της Φωτονικής, όμως ελάχιστες από αυτές παράγουν κάποιο προϊόν ή προσφέρουν ανάλογη υπηρεσία η οποία εντάσσεται αμιγώς στο συγκεκριμένο πεδίο της Νανοφωτονικής. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται ευκαιρίες συνέργειας στα πρότυπα των περισσότερων Ευρωπαϊκών χωρών με την ίδρυση της εθνικής θεματικής Πλατφόρμας Φωτονικής PhotonicsGR, απαρτιζόμενη από το σύνολο των δημόσιων και ιδιωτικών ερευνητικών ιδρυμάτων και πανεπιστημίων και των εταιριών οι οποίες δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα.⁸ Στο πλαίσιο αρχών και λειτουργίας της PhotonicsGR το πεδίο της Νανοφωτονικής έχει τεθεί ως προτεραιότητα από το σύνολο των ακαδημαϊκών φορέων και αρκετών εταιριών, με στόχο την σύνταξη μίας κοινής εθνικής στρατηγικής ατζέντας, με απώτερο σκοπό την άμεση μεταφορά τεχνογνωσίας από τα ιδρύματα στις εταιρίες και την βέλτιστη χρήση ερευνητικών εγκαταστάσεων.

1.9 Νανοβιοτεχνολογία

Η Νανοβιοτεχνολογία είναι ένας ραγδαία αναπτυσσόμενος κλάδος που αφορά την συνδυασμένη εφαρμογή της νανοτεχνολογίας και της βιολογίας στην κατασκευή συστημάτων, συσκευών και διατάξεων για τη μελέτη βιολογικών διεργασιών και την αντιμετώπιση ασθενειών. Η νανοβιοτεχνολογία περιλαμβάνει επίσης διεπιστημονικές δραστηριότητες που συνδυάζουν τη φωτονική, τη χημεία, τη βιολογία, τη βιοφυσική, τη νανοϊατρική και την επιστήμη των μηχανικών. Ο κλάδος βασίζεται στη χρήση ποικίλων αναλυτικών μεθόδων και πειραματικών εργαλείων (π.χ. σύνθεση και αυτοοργάνωση των συστημάτων, μικροσκοπία, περίθλαση ακτινών-X, κ.α.), σε συνδυασμό με θεωρία και προηγμένες υπολογιστικές μεθόδους. Λόγω της διεπιστημονικότητας του και της χρήσης

⁸ www.sevstegi.org.gr

διαφορετικών μεθόδων και τεχνικών ο κλάδος απαιτεί τη στενή συνεργασία επιστημόνων από τη βιολογία, την ιατρική, τις φυσικές επιστήμες και την επιστήμη της μηχανικής οι οποίοι μιμούμενοι τα βιολογικά συστήματα θα κατασκευάσουν νανοσυσκευές και νανοσυστήματα για την αντιμετώπιση ασθενειών και τη μελέτη βιολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στη νανοκλίμακα. Η νανοβιοτεχνολογία αφορά εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στη βιολογία και την ιατρική και επομένως η εξέλιξη της συνδέεται άμεσα με τις εξελίξεις στη νανοτεχνολογία. Αφορά κυρίως νανοϋλικά και νανοδομές με ευρύ φάσμα ιδιοτήτων για εφαρμογές όπως είναι η ελεγχόμενη απόδοση φαρμάκων, τα εμφυτεύματα και η αναγέννηση ιστών, οι διαγνωστικοί βιοαισθητήρες και η ακτινοθεραπεία και άλλες τεχνολογίες απεικόνισης. Στην Ελλάδα υπάρχει έντονη δραστηριότητα σε Βιοτεχνολογία σημαντικό μέρος της οποίας αποτυπώνεται στο Hellenic Bio Cluster (Hbio). Το Hbio αποτελεί την μοναδική συσπείρωση ερευνητικά δραστήριων και εξωστρεφών εταιρειών βιοτεχνολογίας στην Ελλάδα, που λειτουργεί ως όχημα για την ανάπτυξη δράσεων υποστήριξης συνεργασιών για μεταφορά καινοτόμου τεχνολογίας.⁹ Αυτή τη στιγμή έχει ως μέλη του 22 επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον κλάδο της βιοτεχνολογίας και 4 Ερευνητικά Κέντρα. Ορισμένες από τις εταιρείες Βιοτεχνολογίας στην Ελλάδα έχουν και δραστηριότητες σχετικές με Νανοβιοτεχνολογία.

1.10 Λειτουργικά Νανωσωματίδια και Νανοδομές

Ο σχεδιασμός κι η οργάνωση λειτουργικών υλικών και διατάξεων που βασίζονται σε νανοδομημένες μονάδες αναγνωρίζεται ως φυσική και αναπόφευκτη εξέλιξη της τάσης στη βιομηχανία προϊόντων αιχμής, με στόχο την περαιτέρω σμίκρυνση των διαστάσεων (miniaturization) στα διαφορετικά πεδία εφαρμογών της. Οι προοπτικές που διανοίγουν καινοφανή υλικά είναι ότι μπορεί να βασίζονται σε περισσότερα του ενός συστατικά, των οποίων η οργάνωση στο χώρο σχεδιάζεται και κατασκευάζεται σε μοριακή, νανοσκοπική κλίμακα. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να κατασκευασθούν καινοτόμα νανοσυστήματα υψηλού επιπέδου δομικής περιπλοκότητας τα οποία, ως επί το πλείστον, παρουσιάζουν και αυξημένη μακροσκοπική λειτουργικότητα. Τέτοια νανοδομημένα ανόργανα ή/και οργανικά υλικά μπορούν να έχουν ποικίλη μορφολογία που εκτείνεται από αυτή του νανωσωματιδίου, του νανωσύρματος, του νανωσωλήνα ή του νανοδαχτυλιδιού μέχρι και διςδιάστατες ή τριςδιάστατες δομές ελεγχόμενης διακλάδωσης. Οι φυσικές ιδιότητές τους καθορίζονται πρώτα από τη χημική τους σύσταση, αλλά και από το σχήμα και το μέγεθος των ιδιαίτερων

⁹ www.sevstegi.org.gr

δομικών χαρακτηριστικών τους, τα οποία μπορούν να ελέγχονται για την επίτευξη της επιθυμητής συμπεριφοράς. Η δυνατότητα ρύθμισης των χωρικών διαστάσεων και μορφών αυτών των νανοδομών επιτρέπει την πρόβλεψη της λειτουργίας τους, με σημαντικές επιπτώσεις σε ποικίλες εφαρμογές στη βιομηχανική παραγωγή, την υγεία και την ποιότητα ζωής, την παραγωγή ενέργειας, το περιβάλλον και την διαχείριση του, τις μεταφορές, τις τηλεπικοινωνίες, τους υπολογιστές και την πληροφορική.



Εικόνα 1. 2 Ένα σύγχρονο κτίριο κατασκευασμένο από νανουλικά

Ενδεικτικά, λειτουργικά νανοσωματίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη:

- φωτοβολταϊκών συστημάτων αυξημένης απόδοσης ή με άλλες ιδιότητες,
- έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων,¹⁰
- νανοφορέων φαρμάκων για στοχευμένη αποδέσμευση των ενεργών συστατικών που επιτρέπουν την αποκλειστική συσσώρευση του φαρμάκου στους πάσχοντες ιστούς/όργανα,
- νανοσωματιδίων με νέες λειτουργίες και βελτιωμένες ιδιότητες (αντιμικροβιακή συμπεριφορά και ευκολία στον καθαρισμό, αντοχή σε διαβρωτικά και επιθετικά περιβάλλοντα, έλεγχο υγρασίας, θερμομονωτικά, ηχομονωτικά, θερμοσυσσωρευτικά χαρακτηριστικά κλπ.)
- δομικών στοιχείων κτιρίων που ενσωματώνουν τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά στοιχεία αλλά και συσσωρευτές ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται ερευνητικές ομάδες από ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και με έντασης γνώσης. Συνολικά υλοποιούνται 6 έργα στο 7^ο Πρόγραμμα

¹⁰ www.sevstegi.org.gr

Πλαίσιο με συμμετοχή Ελληνικού οργανισμού. Ενώ η Ελλάδα έχει πολύ καλή βάση στην τεχνολογία και παραγωγή υλικών και προϊόντων, όπως κράματα και μεταλλικές κατασκευές, κεραμικά και πολυμερή προϊόντα με ισχυρές εξαγωγικές δραστηριότητες, η συγκεκριμένη τεχνολογία αιχμής αποτελεί μία μάλλον μελλοντική προοπτική όσον αφορά στην συστηματική υιοθέτηση της από το ελληνικό παραγωγικό σύστημα.

1.11 Υβριδικά Νανοσύνθετα Υλικά

Η τεχνολογία υβριδικών νανοσύνθετων υλικών αναφέρεται στο σχεδιασμό, τη σύνθεση και τη βελτιστοποίηση υλικών που αποτελούνται από συνδυασμό συστατικών με συμπληρωματικές ή κάποιες φορές και αντίθετες ιδιότητες. Η προσθήκη ανόργανων ουσιών σε πολυμερικά υλικά είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων, τη μείωση της διαπερατότητας από αέρια, την αύξηση της αντίστασης σε θερμότητα και φλόγα, και τέλος τη μείωση του κόστους του υλικού. Ωστόσο, όταν οι διαστάσεις των ανόργανων υλικών είναι σχετικά μεγάλες ($>5 \mu\text{m}$), τότε είναι δυνατό να εμφανιστούν προβλήματα, όπως η ελάττωση της διαφάνειας του πολυμερικού υλικού και η υποβάθμιση των μηχανικών του ιδιοτήτων. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται όταν το πρόσθετο υλικό βρίσκεται σε πολύ λεπτή διασπορά στην πολυμερική μήτρα, δηλαδή όταν οι διαστάσεις του είναι της τάξης των νανομέτρων.¹¹ Επιπλέον, η επίδραση των νανοπροσθέτων στη διαμόρφωση των πολυμερικών αλυσίδων και στην ικανότητα κρυστάλλωσής τους, επηρεάζουν τις τελικές μακροσκοπικές ιδιότητες του συστήματος. Καθώς η τεχνολογία των υβριδικών νανοσυνθέτων θα ωριμάζει, αναμένεται ότι την ερχόμενη δεκαετία θα γίνουμε όλοι μάρτυρες μίας αλματώδους προόδου στην προετοιμασία-παρασκευή, στο χαρακτηρισμό και στη βιομηχανική αξιοποίηση και εκμετάλλευσή της με σημαντικές επιπτώσεις ιδιαίτερα στη χημική βιομηχανία. Ενδεικτικά, κάποιιοι από τους τομείς στους οποίους αναμένονται σημαντικές επιπτώσεις είναι φιλικά προς το περιβάλλον επιστρώματα, πλαστικά γενικής χρήσεως, οργανικά φωτοβολταϊκά, πολυμερικοί ηλεκτρολύτες, φωτοκατάλυση. Υβριδικά νανοσύνθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων πολυμερών υλικών με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες, βελτιωμένες θερμικές ιδιότητες και θερμική σταθερότητα, χαμηλή διαπερατότητα από αέρια, μειωμένη αναφλεξιμότητα και μειωμένο βάρος, για την παραγωγή και νηματοποίηση υφαντικών ινών με εξειδικευμένες ιδιότητες (π.χ. αντιμικροβιακή δράση, υπερυδροφοβικότητα ή ικανότητα μνήμης σχήματος), για την παραγωγή οργανικών φωτοβολταϊκών στοιχείων με μεγαλύτερη απόδοση και μικρότερο

¹¹ www.sevstegi.org.gr

κόστος παραγωγής και εγκατάστασης αλλά για την παραγωγή υλικών αυτοκινητοβιομηχανίας με μειωμένο βάρος και συνεπώς μειωμένο κόστος κατανάλωσης καυσίμων. Στην Ελλάδα υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα από ακαδημαϊκούς και ερευνητικούς φορείς, ενώ συνολικά υλοποιούνται 16 έργα στο 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο με Έλληνες συμμετέχοντες και 15 έργα ΕΣΠΑ. Επίσης ένας αριθμός Ελληνικών επιχειρήσεων έχει συμμετοχή σε ευρωπαϊκά προγράμματα έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης με την προοπτική ανάπτυξης νέων καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών με την χρήση υβριδικών νανοσυνθέτων.

1.12 Νανοδομημένες Επικαλύψεις

Η εισαγωγή της Νανοτεχνολογίας στο πεδίο των επικαλύψεων μεταμορφώνει την αντίληψη των κλασικών υλικών χρώσης ή επικάλυψης: από επικαλύψεις που βελτιώνουν το αισθητικό αποτέλεσμα, παρουσιάζονται πλέον λειτουργικές επικαλύψεις που προσδίδουν χαρακτηριστικά βελτίωσης της καθημερινότητάς μας. Σε πανευρωπαϊκή έρευνα του τελευταίου έτους ανάμεσα σε επαγγελματίες του χώρου των επικαλύψεων αποδεικνύεται ότι αναμένονται σημαντικές βελτιώσεις στα ποιοτικά ή λειτουργικά χαρακτηριστικά, με κυριότερους άξονες τη βελτίωση ιδιοτήτων απότριψης ή τριβολογικών χαρακτηριστικών, την αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία και τις επιπτώσεις των καιρικών συνθηκών, τη βελτίωση των αντιδιαβρωτικών ιδιοτήτων, την ανάπτυξη αυτοκαθαριζόμενων, αντιβακτηριακών και υπερυδρόφιλων (αντιθαμβωτικών) ιδιοτήτων, την ανάπτυξη αγωγίμων ή μαγνητικών επικαλύψεων, την εκλεκτική διαπερατότητα σε αέρια και την ανάπτυξη αντιπυρικών / πυράντοχων χαρακτηριστικών.¹² Η συμβολή των λειτουργικών νανοεπικαλύψεων μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα κρίσιμη στην εξοικονόμηση ενέργειας με χαρακτηριστικά υψηλής ικανότητας ανάκλασης στο υπέρυθρο (θερμικό) μέρος της φωτεινής ακτινοβολίας. Νανοδομημένες επικαλύψεις με ειδικά σχεδιασμένες ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες εφαρμογές που αγγίζουν πολλούς επιχειρηματικούς κλάδους. Η ναυτιλία μπορεί να εκμεταλλευτεί νανοδομημένες επικαλύψεις περιβαλλοντικής προστασίας, ρύθμισης επιφανειακής τάσης και αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, η οικοδομική δραστηριότητα νανοδομημένες επικαλύψεις με αντιδιαβρωτικές ιδιότητες για εξοικονόμηση ενέργειας, ρύθμισης επιφανειακής τάσης και περιβαλλοντικής προστασίας, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας νανοδομημένες επικαλύψεις με υπεραγώγιμες ιδιότητες για εξοικονόμηση

¹² www.sevstegi.org.gr

ενέργειας και περιβαλλοντικής προστασίας, η μεταλλουργία και η παραγωγή μηχανολογικού εξοπλισμού από νανοδομημένες επικαλύψεις με υπεραγωγίμες ιδιότητες, με υψηλή αντοχή στην απότριψη και την καταπόνηση, με αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, χαμηλού συντελεστή τριβής και τέλος η βιομηχανία χρωμάτων μπορεί να αξιοποιήσει νανοδομημένες επικαλύψεις για εξοικονόμηση ενέργειας και περιβαλλοντικής προστασίας.

Ερευνητική δραστηριότητα στην Ελλάδα:

Συνολικά υλοποιούνται 17 έργα στο 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο με συμμετοχή Ελληνικών οργανισμών. Ένας αριθμός Ελληνικών επιχειρήσεων έχει αξιοσημείωτη συμμετοχή σε ευρωπαϊκά προγράμματα έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης. Είναι αξιοσημείωτο ότι ελληνική εταιρεία έχει αναπτύξει και παρασκευάζει προϊόντα νανοδομημένων επικαλύψεων ευρείας κατανάλωσης, στην κατηγορία των δομικών υλικών, με σημαντική εξαγωγική δραστηριότητα.

1.13 Νανοκατάλυση

Νανοκατάλυση ονομάζεται το ραγδαία αναπτυσσόμενο πεδίο που περιλαμβάνει την χρήση νανοϋλικών ως καταλυτών για διάφορες εφαρμογές ομογενούς ή ετερογενούς κατάλυσης.¹³ Κύριος σκοπός της έρευνας στη νανοκατάλυση είναι η παρασκευή καταλυτών με εκλεκτικότητα 100%, εξαιρετικά υψηλή ενεργότητα, χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και μεγάλο χρόνο ζωής. Αυτά μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω του ακριβούς ελέγχου του μεγέθους, του σχήματος, της κατανομής μεγεθών, της σύστασης και της ηλεκτρονικής δομής της επιφάνειας και της θερμικής και χημικής σταθερότητας των ιδιαίτερων νανοδομημένων. Στον τομέα της νανοκατάλυσης αφ' ενός αναμένονται συναρπαστικές ευκαιρίες τόσο στη χημική βιομηχανία όσο και στις διεργασίες διύλισης, αλλά αφ' ετέρου εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην ανάπτυξη των βέλτιστων καταλυτών για βιομηχανικές εφαρμογές. Η ανάπτυξη του πεδίου της νανοκατάλυσης την τελευταία δεκαετία είναι εκρηκτική τόσο για εφαρμογές ομογενούς όσο και για εφαρμογές ετερογενούς κατάλυσης με τα νανοσωματίδια να έλκουν περισσότερο το ενδιαφέρον, λόγω του μεγάλου λόγου επιφάνειας προς όγκο σε σχέση με τα μεγαλύτερων διαστάσεων υλικά. Οι νανοκαταλύτες μπορούν χρησιμοποιηθούν σε διεργασίες διύλισης πετρελαίου, σε αντικατάσταση καταλυτών πολυτίμων μετάλλων, για την παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων, όπως

¹³ www.sevstegi.org.gr

ενδιαμέσων για την παραγωγή πρωτεϊνών και βιταμινών. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διεργασίες επεξεργασίας νερού με φίλτρα, σε διεργασίες επεξεργασίας λυμάτων βιομηχανικής και οικιακής προέλευσης και για παρασκευή επικαλύψεων με ειδικές ιδιότητες: αποδόμηση ρύπων, αντιβακτηριδιακές, κ.ά. Στην Ελλάδα υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα από ακαδημαϊκούς και ερευνητικούς φορείς, ενώ συνολικά υλοποιούνται 17 έργα στο 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο με συμμετοχή Ελληνικών οργανισμών και 6 έργα ΕΣΠΑ. Ένας μικρός μόνον αριθμός Ελληνικών επιχειρήσεων έχουν συμμετοχή σε προγράμματα έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης. Η ολοκλήρωση στο παραγωγικό ιστό των δυνατοτήτων της τεχνολογίας αιχμής των νανοκαταλυτών απαιτεί μερική μόνον τροποποίηση-αναβάθμιση των υφιστάμενων υποδομών της βιομηχανίας. Με συνεχή, στοχευόμενη και συστηματική συνεργασία των επιχειρήσεων με τα ερευνητικά και ακαδημαϊκά ιδρύματα είναι δυνατόν οι τροποποιήσεις αυτές να μπορέσουν να αποσβεστούν σύντομα με την αναβάθμιση των παραγομένων προϊόντων και υπηρεσιών.

1.14 Ανθρώπινο Δυναμικό και Δεξιότητες

Ο τομέας της Νανοτεχνολογίας, λόγω της καθαρά τεχνολογικής / επιστημονικής του φύσης, απαιτεί άρτια εκπαιδευμένο επιστημονικό προσωπικό.¹⁴ Αλλά και λόγω του διεπιστημονικού του χαρακτήρα και της ευρύτητας των εφαρμογών του, απαιτεί στελέχη με υπόβαθρο σε αρκετές θετικές επιστήμες. Οι εξειδικευμένες δεξιότητες που απαιτούνται για την ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στις επιχειρηματικές δραστηριότητες, αφορούν κατά βάση μηχανικούς, φυσικούς, χημικούς, βιολόγους και συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Επιστημονική κατάρτιση και τεχνολογική γνώση για διατάξεις και υλικά που επιτρέπουν τη σχεδίαση και κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σε μικρότερο μέγεθος με αύξηση της απόδοσης και μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης την κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και ηλεκτρονικών πλακετών, εξοπλισμού τηλεπικοινωνιών και ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, οργάνων και συσκευών μέτρησης και δοκιμών με γνωστικό υπόβαθρο στην φυσικοχημεία, την τεχνολογία λειτουργικών υλικών, την ηλεκτρονική.
- Βαθεία γνώση και αντίληψη της επιστήμης της φωτογονικής με επιστημονικό υπόβαθρο στη φυσική, την οπτική, την φασματοσκοπία και την επιστήμη των υλικών.
- Συνδυαστική γνώση υλικών και βιολογίας, γεωπονίας και φαρμακολογίας, έμβιο μηχανικής και βιοτεχνολογίας/ ιατρικής, φωτογονικής, χημείας, βιοφυσικής, αλλά και υπολογιστικής μηχανικής.

¹⁴ www.sevstegi.org.gr

- Γνώση φυσικής, χημείας και τεχνολογίας των υλικών, των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους καθώς και των τεχνικών και σύνθεσης, ελέγχου και παραγωγής τους σε διάφορες κλίμακες και διαστάσεις.
- Γνώση υλικών και διεργασιών κατάλυσης, χημικών διεργασιών με γνωστικό υπόβαθρο στην οργανική και ανόργανη χημεία, τεχνολογία πολυμερών.

Να σημειωθεί ότι εκτός από τις εξειδικευμένες δεξιότητες που συσχετίζονται με την νανοτεχνολογία, είναι εξίσου απαραίτητη μία σειρά οριζόντιων δεξιοτήτων για την ανάπτυξη σύγχρονης επιχειρηματικότητας: διοικητικές και οργανωτικές ικανότητες, ευρεία αντίληψη του ανταγωνισμού και της αγοράς, γνώση σχεδιασμού νέων προϊόντων, αντίληψη κοινωνικών τάσεων και καταναλωτικών προτιμήσεων, ικανότητα μετάδοσης τεχνικών γνώσεων στους υφισταμένους, γνώση marketing / προώθησης και επικοινωνίας, ικανότητες project management, ικανότητα οικονομοτεχνικής αξιολόγησης.¹⁵

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Η νανοτεχνολογία έχει να κάνει με την ανάγκη για κατανόηση των φαινομένων στη νανοκλίμακα και με την ταυτόχρονη βελτίωση της ικανότητάς μας να ελέγξουμε τη νανοδομή των υλικών. Έτσι, οι ιδιότητες των υλικών μπορούν να βελτιωθούν ελέγχοντας τις διεργασίες και τις δομές της νανοκλίμακας¹⁶.

Οι επιθυμητοί λοιπόν στόχοι που μπορούν να επιτευχθούν μέσω της νανοτεχνολογίας, όσον αφορά στις κατασκευές, είναι η ανάπτυξη υλικών υπερ- υψηλής επίδοσης για κατασκευαστικές εφαρμογές και η βελτίωση της γνώσης για τη συσχέτιση μεταξύ της νάνο/μίκρο-δομής των υλικών και των συνεπακόλουθων μακροσκοπικών ιδιοτήτων των υλικών.

¹⁵ www.sevstegi.org.gr

¹⁶ Α. Μαραγκουδάκη, Δυνατότητες Εφαρμογών της Νανοτεχνολογίας στις κατασκευές Περιβαλλοντικά Οφέλη- Επιπτώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2009

Η νανοτεχνολογία λοιπόν μπορεί να φανεί χρήσιμη στην ανάπτυξη:

Υλικών με αυξημένη ανθεκτικότητα και παρατεταμένη ή βελτιωμένη συμπεριφορά

Πολυλειτουργικών υλικών με μηχανική απόδοση συνδυασμένη με ιδιότητες θερμικής, ηλεκτρικής ή μαγνητικής αγωγιμότητας/μόνωσης

Ενεργών προσαρμοστικών υλικών με προγραμματιζόμενα χαρακτηριστικά (αυτό-επισκευαζόμενα, με αισθητήρες, κ.τ.λ)

Υβριδικών οργανικών-ανόργανων υλικών, που συνδυάζουν τις συγκεκριμένες ιδιότητες κάθε συνιστώσας, με αποτέλεσμα νέα, ή ανώτερη συμπεριφορά.

Η κατασκευαστική βιομηχανία αναπόφευκτα θα ωφεληθεί από την νανοτεχνολογία' στην πραγματικότητα ήδη έχουμε πολύ ενθαρρυντικές εξελίξεις στους τομείς του σκυροδέματος, του χάλυβα και του γυαλιού. Το σκυρόδεμα γίνεται ισχυρότερο, πιο ανθεκτικό και διαστρώνεται ευκολότερα, ο χάλυβας σκληρότερος και το γυαλί αυτοκαθαρίζεται.

Πολλές όμως από τις προοπτικές της νανοτεχνολογίας στον κατασκευαστικό τομέα περιορίζονται από το κόστος και το σχετικά μικρό μέχρι τώρα αριθμό πρακτικών εφαρμογών. Πολλές από τις εφαρμογές αυτές βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, βέβαια με πολύ ενθαρρυντικά ως τώρα αποτελέσματα, και άλλες έχουν κόστος απαγορευτικό για την μαζική παραγωγή και διάθεση τους.

Και αυτό γιατί η κατασκευή τείνει να είναι ένας συντηρητικός κλάδος, προσανατολισμένος σε χαμηλή ερευνητική δραστηριότητα, πράγμα που βαραίνει εναντίον της υιοθέτησης νέων τεχνολογιών, ειδικά αυτών που φαντάζουν απομακρυσμένες από τον πυρήνα της κατασκευαστικής βιομηχανίας. Τα υλικά όμως, είναι ο πυρήνας της κατασκευαστικής βιομηχανίας και οι προοπτικές για καινοτομίες στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον είναι πολύ σημαντικές, ακόμα και ζωτικής σημασίας για την κατασκευαστική βιομηχανία. Ερευνητές που ερωτήθηκαν, προέβλεψαν ότι μεγάλη πρόοδος θα σημειωθεί ακόμα και μέσα στα επόμενα 5 χρόνια. Το μέγεθος και η έκταση της κατασκευαστικής βιομηχανίας προμηνύει ότι και το συνεπακόλουθο οικονομικό αντίκτυπο θα είναι τεράστιο.

2.2 Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο υλικό στον πλανήτη, μετά από το νερό. Η σημασία του για τις βασικές υποδομές του σύγχρονου πολιτισμού είναι τεράστια, και σήμερα μας είναι δύσκολο να φανταστούμε τη ζωή χωρίς αυτό. Παρόλα αυτά, το σκυρόδεμα έχει διαφοροποιηθεί πολύ λίγο από την πρώτη του χρήση στην τρέχουσα

μορφή του στην αρχή του 20^{ου} αιώνα. Καθώς το προϊόν αντιμετωπίζει όλο και υψηλότερες απαιτήσεις απόδοσης, η κατασκευαστική βιομηχανία αναζητά τρόπους ανανέωσης του υλικού και βελτίωσης των "επιδόσεων" του.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις πιο υποσχόμενες εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας σε σχέση με το σκυρόδεμα, που είναι σήμερα γνωστές. Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι οι περισσότερες εφαρμογές δεν έχουν ακόμα τελειοποιηθεί (η πλειονότητά τους και κυρίως οι πιο πολλά υποσχόμενες βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο ή δεν εφαρμόζονται ευρέως λόγω του απαγορευτικού τους κόστους).

Τα κυριότερα νανοσωματίδια που χρησιμοποιούνται σαν πρόσθετα στο κοινό σκυρόδεμα με θεαματικές επιδράσεις στις μηχανικές του ιδιότητες είναι τα εξής:

2.2.1 Πυριτία SiO₂

Η πυριτία (SiO₂) είναι παρούσα στο συμβατικό σκυρόδεμα σαν μέρος του κανονικού μίγματος. Ωστόσο το «πακετάρισμα» των σωματιδίων του σκυροδέματος μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας νάνο-πυριτία η οποία οδηγεί σε πύκνωση της μικρο-και νάνο-δομής του, γεγονός που επιφέρει βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Η πρόσθεση νάνο- πυριτίας σε υλικά με βάση το τσιμέντο μπορεί επίσης να ελέγξει την διάσπαση της βασικής αντίδρασης του σκυροδέματος C-S-H (ασβέστιο-πυριτία-υδρογόνο) που προκαλείται από τη διήθηση του ασβεστίου στο νερό, όπως και να εμποδίσει την διείσδυση του νερού, πράγμα που οδηγεί σε βελτίωση της ανθεκτικότητας.

Επίσης, η υψηλής ενέργειας άλεση του κοινού τσιμέντου Portland και συνήθους άμμου, διαδικασία που οδηγεί σε μείωση του μεγέθους των σωματιδίων αναφορικά με το συμβατικό τσιμέντο Portland, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θλιπτικής αντοχής του εκλεπτυσμένου υλικού είναι κατά 3-6 φορές.

Η ιπτάμενη τέφρα βελτιώνει την ανθεκτικότητα, την αντοχή και μειώνει την απαίτηση για τσιμέντο, ωστόσο η διαδικασία ωρίμανσης επιβραδύνεται από την προσθήκη της και η αντοχή σε πρώιμο στάδιο είναι επίσης χαμηλή σε σύγκριση με το κοινό σκυρόδεμα. Με την προσθήκη νανοσωματιδίων SiO₂ μέρος του τσιμέντου αντικαθίσταται, αλλά η πυκνότητα και η αντοχή του σκυροδέματος ιπτάμενης τέφρας βελτιώνεται ιδιαίτερα στα πρώιμα στάδια. Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη νανοσωματιδίων αιματίτη Fe₂O₃ στο σκυρόδεμα αυξάνει την αντοχή όπως επίσης και προσφέρει τη δυνατότητα

ελέγχου της κλίμακας της καταπόνησης δια μέσου της μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης της διατομής.

2.2.2 Διοξείδιο του Τιτανίου TiO_2

Ένας άλλος τύπος νανοσωματιδίου που προστίθεται στο σκυρόδεμα για να βελτιώσει τις ιδιότητές του είναι το διοξείδιο του Τιτανίου (TiO_2). Το διοξείδιο του Τιτανίου είναι μια άσπρη χρωστική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξαιρετικά ως ανακλαστική επικάλυψη. Ενσωματώνεται, με τη μορφή νανοσωματιδίων σε αντηλιακά φίλτρα για να παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία UV και προστίθεται σε χρωστικές, τσιμέντα και υαλοπίνακες για τις αποστειρωτικές του ιδιότητες, καθώς το διοξείδιο του τιτανίου διασπά οργανικούς ρυπαντές και βακτηριακές μεμβράνες, μέσω ισχυρών καταλυτικών αντιδράσεων.

Μπορεί γι' αυτό το λόγο να απομακρύνει τους μεταφερόμενους από τον αέρα ρύπους όταν εφαρμόζεται σε εξωτερικές επιφάνειες. Ακόμα, είναι υδρόφιλο και έτσι δίνει αυτοκαθαριστικές ιδιότητες στις επιφάνειες που εφαρμόζεται. Η διεργασία από την οποία προκύπτει αυτό το φαινόμενο είναι η εξής: το νερό της βροχής έλκεται στην επιφάνεια και σχηματίζει υμένα που συγκεντρώνουν τους ρύπους και τα σωματίδια της σκόνης που προηγουμένως έχουν διασπαστεί, και τα ξεπλένει.



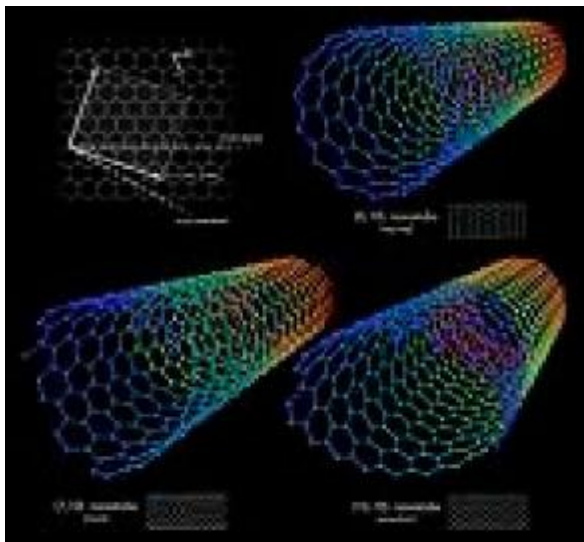
Εικόνα 2. 1: Το αστραφτερό άσπρο σκυρόδεμα του εικονιζόμενου ναού στη Ρώμη, αναμένεται να παραμείνει καθαρό, με τη βοήθεια της πρόσμιξης TiO_2

Το σκυρόδεμα που προκύπτει από την προσθήκη TiO_2 , (ήδη χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορα έργα σε όλο τον κόσμο), έχει ένα λευκό χρώμα που διατηρεί την λευκότητα του πολύ αποτελεσματικά, αντίθετα με τα λεκιασμένα κτίρια του ιστορικού παρελθόντος του σκυροδέματος.

2.2.3 Νανοσωλήνες άνθρακα

Ένας ακόμα τύπος νανοσωματιδίου, που έχει αξιοσημείωτες ιδιότητες, είναι ο νανοσωλήνας άνθρακα (CNT). Οι ευεργετικές επιδράσεις της προσθήκης νανοσωλήνων άνθρακα στο σκυρόδεμα αποτελούν θέμα εντατικής ερευνητικής δραστηριότητας, και τα πρώτα απολέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά.

Οι CNT's είναι μια μορφή άνθρακα που ανακαλύφθηκε αρχικά το 1952 στη Ρωσία και, κυρίως αγνοήθηκε, επανήλθε όμως στο προσκήνιο τη δεκαετία του 90 στην Ιαπωνία. Έχουν κυλινδρικό σχήμα και διάμετρο νανομέτρων (λόγω της διαμέτρου τους ονομάζονται και νανοσωλήνες). Μπορεί να έχουν μήκος αρκετών νανομέτρων και ένα ή περισσότερα από ένα τοιχώματα. Οι αξιοσημείωτες ιδιότητές τους (πενταπλάσιο μέτρο του Young και οκταπλάσια αντοχή από το χάλυβα, ενώ έχουν το 1/6 της πυκνότητάς του) έχουν γίνει η αιτία για έντονη ερευνητική δραστηριότητα σε όλο τον κόσμο για την διερεύνηση πιθανών εφαρμογών τους.



α



β

Εικόνα 2. 2 α & β: CNT με ένα ή περισσότερα τοιχώματα

Η προσθήκη μικρής ποσότητας CNT's μπορεί να βελτιώσει τις μηχανικές ιδιότητες δειγμάτων που περιέχουν κύρια φάση τσιμέντου Portland και νερό. Οξειδωμένοι πολυτοχωματικοί νανοσωλήνες (MWNT's) δείχνουν τη μεγαλύτερη βελτίωση και στην θλιπτική (+25 N/mm²) αλλά και στην εφελκυστική αντοχή (+8 N/mm²), σε σύγκριση με τα μη ενισχυμένα δείγματα αναφοράς.

Ωστόσο, με την προσθήκη νανοσωλήνων άνθρακα σε οποιοδήποτε υλικό προκύπτουν δύο προβλήματα: η συσσωμάτωση των νανοσωλήνων και η έλλειψη συνάφειας μεταξύ αυτών και του περιέχοντος μακροϋλικού. Λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των φύλλων γραφενίου των νανοσωλήνων, οι σωλήνες τείνουν να συναθροίζονται και να σχηματίζουν δέσμες ή «σχοινιά» τα οποία μπορεί ακόμα και να περιπλέκονται μεταξύ τους. Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη διασπορά πρέπει να απεμπλακούν.

Επίσης, λόγω της γραφίτοειδούς φύσης τους, δεν υπάρχει κατάλληλη σύμφυση μεταξύ του νανοσωλήνα και του περιέχοντος μακροϋλικού, πράγμα που προκαλεί την επονομαζόμενη ολίσθηση. Απαιτείται δηλαδή επιπρόσθετη έρευνα για να καθοριστούν οι βέλτιστες τιμές των νανοσωλήνων άνθρακα και των παραγόντων διασποράς για το σχεδιασμό μίξης.

Το κόστος της προσθήκης CNT's στο σκυρόδεμα μπορεί να είναι απαγορευτικό προς το παρόν, όμως γίνεται προσπάθεια μείωσης της τιμής τους (που μπορεί να φτάνει και τα 1000€/gr αναλόγως με την ποιότητα) και, όταν αυτή η μείωση επιτευχθεί τότε τα οφέλη από την προσθήκη τους στο σκυρόδεμα θα αξιοποιηθούν αποτελεσματικότερα.

2.2.4 Έξυπνα αδρανή

Τα αδρανή αποτελούν με τη σειρά τους αντικείμενο μελέτης. Μελλοντικά, τα αποκαλούμενα «έξυπνα αδρανή», θα προστίθενται στο χίδηνο σκυρόδεμα οδοποιίας έτσι ώστε αργότερα να «διαβάζονται» από όχημα με ειδικό εξοπλισμό καταγραφής. Η θεωρία αυτή έχει ως στόχο το διασκορπισμό μικρο-ηλεκτρομηχανικών συσκευών (MEM) στο σκυρόδεμα αλλά μια προέκταση αυτής της θεωρίας οραματίζεται και μια έξυπνη «νανο-σκόνη» που θα ψεκάζεται (ή ακόμα και θα βάφεται) επάνω στην επιφάνεια ή θα ενσωματώνεται με το μίγμα και θα παρέχει δυνατότητες καταγραφής ευρείας κλίμακας σε ένα συγκατευθυνόμενο «έξυπνο» δίκτυο.

Τρέχουσα έρευνα γύρω από την παραπάνω εφαρμογή δείχνει ότι οι αισθητήρες νανοτεχνολογίας έχουν μεγάλη δυνητική εφαρμογή σε δομές σκυροδέματος για τον έλεγχο ποιότητας των δομών αυτών και καταγραφή της ανθεκτικότητάς τους, καθώς μπορούν να σχεδιαστούν α) για τη μέτρηση της πυκνότητας και του ιξώδους του σκυροδέματος β) για

την καταγραφή της ωρίμανσης του σκυροδέματος και τη μέτρηση της συρρίκνωσής του και γ) για τη μέτρηση βασικών παραμέτρων για την ανθεκτικότητα της εκάστοτε δομής, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η συγκέντρωση χλωρίου, το PH, το διοξείδιο του άνθρακα, οι τάσεις, η διάβρωση του οπλισμού και οι δονήσεις.

Ακόμα, οι αισθητήρες αυτοί έχουν την ιδιότητα να ενεργοποιούνται και να αναφέρονται ασύρματα ή δια μέσω δόνησης, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας ή της κατάστασης των οδοστρωμάτων. Ακόμα, έρευνα γύρω από κάποια νανοσωματίδια και τους νανοσωλήνες άνθρακα (CNT's) δείχνει ότι τα σωματίδια αυτά όχι μόνο αυξάνουν την θλιπτική αντοχή δειγμάτων τσιμεντοκονίας, όπως άλλωστε προαναφέρθηκε, αλλά μπορούν να αλλάξουν και τις ηλεκτρικές της ιδιότητες. Έτσι θα μπορούμε να ελέγχουμε την κατάσταση του κονιάματος και να εντοπίζουμε τις πιθανές βλάβες.



Εικόνα 2.3 Το μίγμα ινών άνθρακα και συμβατικού σκυροδέματος είναι ένα ηλεκτρικά αγώγιμο «έξυπνο σκυρόδεμα» που μπορεί να παρακολουθείται και να ελέγχεται διαρκώς για διαφοροποιήσεις στην ηλεκτρική του αντίσταση, καθώς το υλικό υφίσταται φορτίσεις. Η εφαρμογή του σε φράγματα και άλλες κατασκευές που φέρουν τεράστιες πιέσεις θα ήταν ανεκτίμητης χρησιμότητας, καθώς θα μας προειδοποιούσε πολύ νωρίτερα για πιθανές αστοχίες

2.2.5 Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα

Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (ΑΣΣ), χαρακτηρίζεται από υψηλή ρευστότητα και μεγάλη αντίσταση στο διαχωρισμό. Η σύνθεσή του είναι τέτοια, ώστε να μην απαιτείται δόνηση για τη διάστρωση και τη συμπύκνωσή του. Κατά συνέπεια, η χρήση του προσδίδει μειωμένο κόστος στην όλη κατασκευή, λόγω της μικρής διάρκειας της σκυροδέτησης (μέχρι και 80% πιο σύντομα) και της εξοικονόμησης ενέργειας αφού δεν χρησιμοποιούνται δονητές, αλλά και λόγω του μικρότερου αριθμού εργατών συνεπώς και ημερομισθίων.



Εικόνα 2.4 Διάστρωση αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος χωρίς τη χρήση δονητών

Το υλικό συμπεριφέρεται σαν παχύρευστο υγρό και η συμπεριφορά αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη πολυκαρβοξυλικών ενώσεων (υλικά παρεμφερή με το πλαστικό που αναπτύχθηκαν με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας). Τα μίγματα ΑΣΣ που περιέχουν υψηλό ποσοστό λεπτών, απαιτούν ένα πολύ αποτελεσματικό σύστημα διασποράς για να διατηρούνται ρευστά και εργάσιμα για μεγάλο χρονικό διάστημα και με χαμηλούς λόγους Νερού/Τσιμέντου, και μόνο οι πολυκαρβοξυλικές ενώσεις μπορούν να ανταποκριθούν επιτυχώς στις απαιτήσεις αυτές. Επιπλέον, βοηθούν στην ανάπτυξη υψηλών αντοχών από νωρίς στο σκυρόδεμα έτσι ώστε η απομάκρυνση των ξυλοτύπων να γίνεται χωρίς μεγάλες καθυστερήσεις, πράγμα που αλλιώς παρατηρείται ιδιαίτερα το χειμώνα, όταν λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών η ενυδάτωση του τσιμέντου επιταχύνεται ακόμα και με ατμό.

2.2.6 Ενίσχυση με ίνες

Σήμερα, η περιτύλιξη υφιστάμενων στοιχείων σκυροδέματος με λωρίδες ινών είναι αρκετά κοινή πρακτική ενίσχυσης. Μία πρόοδος στη διαδικασία αυτή έχει να κάνει με τη χρήση φύλλων ινών που περιέχουν σωματίδια νανο- πυριτίας και σκληρυντές. Αυτά τα νανοσωματίδια διαπερνούν την επιφάνεια του σκυροδέματος και κλείνουν τις μικρές ρωγμές

που βρίσκουν σε αυτήν, αλλά και βοηθούν στο σχηματισμό ενός δυνατού δεσμού μεταξύ της επιφάνειας του σκυροδέματος και της ινώδους ενίσχυσης.

Επεξεργασμένες ίνες άνθρακα και εμποτισμένα φύλλα ινών τοποθετούνται πάνω στην προετοιμασμένη επιφάνεια του σκυροδέματος και εφαρμόζονται με τη βοήθεια αυλακωτών ρολών. Η ικανότητα των ενισχυμένων δειγμάτων να παραλαμβάνουν φορτία μετά από ρηγμάτωση βελτιώνεται πάρα πολύ μετά την εφαρμογή των παραπάνω φύλλων, και τόσο αυτά όσο και η διεπιφάνεια αντέχουν κάτω από συνθήκες υγρασίας, ξηρότητας και ξεφλουδίσματος (απόξεσης). Η αντοχή αυτή των ενισχυμένων στοιχείων διατηρείται υψηλή και έπειτα από επαναλαμβανόμενους κύκλους ύγρανσης και ξήρανσης ή απόξεσης.

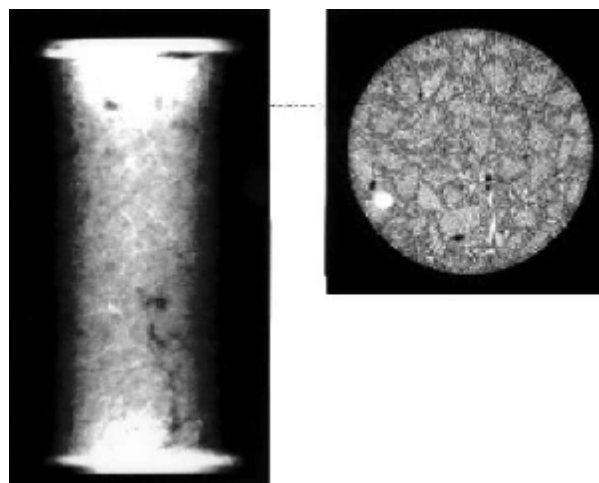


α



β

Εικόνα 2. 5 α&β: Δοκοί (α) και κολώνα (β) τυλιγμένες με φύλλα ινών



Εικόνα 2. 6: Κατακόρυφη και οριζόντια τομή αφόρτιστου κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος ενισχυμένου με ίνες



Εικόνα 2. 7: Ίνες SiO_2 που περιέχουν νανοσωματίδια

2.3 Χάλυβας

Ο χάλυβας έγινε ευρέως διαθέσιμος μετά τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, και στις αρχές του 20^{ου}. Από τότε παίζει κύριο ρόλο στην κατασκευαστική βιομηχανία. Συνολικά, 185 εκατομμύρια τόνοι χάλυβα παράγονται στην Ε.Ε. κάθε χρόνο. Οι ιδιότητες του χάλυβα, όπως η αντοχή, η ανθεκτικότητα στη διάβρωση και η συγκολλητική του ικανότητα, είναι πολύ σημαντικές για το σχεδιασμό και την κατασκευή των μεταλλικών φορέων.

Η κόπωση είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να οδηγήσει σε δομική αστοχία ενός χαλύβδινου φορέα υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση, όπως είναι οι πύργοι ή οι γέφυρες. Η αστοχία μπορεί να λάβει χώρα και σε καταπονήσεις (τάσεις) πολύ χαμηλότερες από το όριο διαρροής του υλικού και να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του προσδόκιμου ζωής της κατασκευής. Η σύγχρονη φιλοσοφία σχεδιασμού λαμβάνει υπόψη της ένα ή περισσότερα εκ των τριών περιοριστικών μέτρων: α. Σχεδιασμό βασισμένο σε δραματική μείωση στην επιτρεπόμενη καταπόνηση, β. μικρότερο προσδόκιμο ζωής, ή γ. καθεστώς τακτικών ελέγχων. Και τα τρία αυτά μέτρα έχουν μεγάλο αντίκτυπο στον κύκλο ζωής-κόστους, και δημιουργούν θέματα τόσο αντοχής, όσο και ασφάλειας των κατασκευών.

Λύση στα προβλήματα και στους περιορισμούς αυτούς έρχεται να δώσει η νανοτεχνολογία, που με πολλά υποσχόμενα ερευνητικά της προγράμματα, προσβλέπει μεσοπρόθεσμα στην μελλοντική παραγωγή ανθεκτικότερων, ελαφρύτερων, καλύτερα συγκολλησίμων και ολκιμότερων προϊόντων χάλυβα, όπως διατομές δοκών, καλώδια και βλήτρα. Επίσης, με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας, ο χάλυβας προστατεύεται από τη φωτιά και τη διάβρωση.

2.3.1 Εφαρμογές σε Χαλύβδινα Καλώδια

Τρέχουσες έρευνες γύρω από τον εξευγενισμό της φάσης τσιμεντίτη του χάλυβα σε μέγεθος νάνο-κλίμακας, έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ανθεκτικότερων καλωδίων. Υψηλής αντοχής χαλύβδινα καλώδια χρησιμοποιούνται και στην κατασκευή γεφυρών αλλά και στην τάνυση προεντεταμένου σκυροδέματος και καλώδια υψηλότερης αντοχής και ανθεκτικότητας θα μειώσαν σημαντικά το κόστος και τη διάρκεια κατασκευής τέτοιων έργων, ειδικά σε κρεμαστές γέφυρες όπου τα καλώδια διατρέχουν από άκρη σε άκρη κάθε φάτνωμα (άνοιγμα).



Εικόνα 2. 8 α & β: Χαλύβδινες γέφυρες με μεγάλα φατώματα

2.3.2 Εφαρμογές σε Χαλύβδινα Βλήτρα

Οι υψηλές κατασκευές (ουρανοξύστες) απαιτούν υψηλής αντοχής συνδέσμους, γεγονός που με τη σειρά του οδηγεί στην ανάγκη για υψηλής αντοχής βλήτρα. Η ικανότητα των υψηλής αντοχής βλήτρων επιτυγχάνεται γενικά μέσω κύκλων ψύξεως και τήξεως, και οι μικροδομές τέτοιων προϊόντων περιέχουν θερμασμένο (σκληρυμένο) μαρτενσίτη. Όταν η αντοχή σε εφελκυσμό του σκληρυμένου μαρτενσίτη περνά τα 1200MPa ακόμη και μια πολύ μικρή ποσότητα υδρογόνου κονιορτοποιεί τα όρια του κόκκου, και το χαλύβδινο υλικό μπορεί να αστοχήσει κατά τη χρήση. Αυτό το φαινόμενο, που ονομάζεται καθυστερημένη θραύση έχει παρεμποδίσει περαιτέρω ενδυνάμωση των χαλύβδινων βλήτρων και η μέγιστη αντοχή τους έχει περιοριστεί κάπου γύρω στα 1000 με 1200 MPa.

Έρευνες σε νανοσωματίδια βαναδίου και μολυβδενίου έχουν δείξει ότι αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά το πρόβλημα της καθυστερημένης θραύσης. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στο γεγονός ότι τα νανοσωματίδια περιορίζουν το φαινόμενο της

ευθραυστότητας από το οξυγόνο και βελτιώνουν τη μικρο- δομή του χάλυβα μέσω της μείωσης των επιπτώσεων της ενδοκοκκικής φάσης του τσιμεντίτη.

2.3.3 Εφαρμογές στις Χαλύβδινες Συγκολλήσεις

Οι συγκολλήσεις και η Ζώνη Επιρροής Θερμάνσεως που είναι παρακείμενη σε συγκολλήσεις μπορεί να είναι ασταθείς και να αστοχήσουν απροειδοποίητα όταν υποστούν ξαφνική δυναμική φόρτιση. Η αντοχή (σκληρότητα) της συγκόλλησης είναι ένα σημαντικό θέμα ειδικά σε ζώνες υψηλής σεισμικής δραστηριότητας. Αστοχίες των συγκολλήσεων και των ΖΕΘ οδήγησαν στην επαναξιολόγηση συγκολλημένων κατασκευαστικών συνδέσμων μετά από το σεισμό του Λος Άντζελες το 1994.

Η σημερινή φιλοσοφία σχεδιασμού προβλέπει επιλεκτική αποδυνάμωση των κατασκευών έτσι ώστε να δημιουργείται ελεγχόμενη παραμόρφωση μακριά από εύθρυπτες ζώνες συγκόλλησης, ή ακόμα και την ηθελημένη υπερδιαστασιολόγηση των κατασκευών αποσκοπώντας στον περιορισμό των τάσεων σε χαμηλές τιμές. Έρευνα που βρίσκεται σε εξέλιξη όμως, δείχνει ότι η προσθήκη νανοσωματιδίων μαγνησίου και ασβεστίου κάνει λεπτότερους τους κόκκους στις ΖΕΘ (περίπου στο 1/5 του μεγέθους του συμβατικού υλικού) στον εξηλασμένο χάλυβα, πράγμα που οδηγεί στην αύξηση της ανθεκτικότητας των συγκολλήσεων.

2.3.4 Εφαρμογές για Ελαστική Συμπεριφορά Χάλυβα

Παραδοσιακά, η συνδιαλλαγή μεταξύ της αντοχής και της ολκιμότητας του χάλυβα είναι ένα σοβαρό ζήτημα. Οι δυνάμεις στις μοντέρνες κατασκευές απαιτούν υψηλή αντοχή ενώ η ασφάλεια και η ανάγκη ανακατανομής των τάσεων απαιτεί υψηλή ελαστικότητα, γεγονός που έχει οδηγήσει στη χρήση όλκιμων υλικών χαμηλής αντοχής σε μεγαλύτερες ποσότητες απ' αυτές που θα χρησιμοποιούνταν αν επιλεγόταν ψαθυρό υλικό υψηλής αντοχής Ένα νέο υλικό, το Sandvik Nanoflex, που έχει αναπτυχθεί σχετικά πρόσφατα, έχει την επιθυμητή υψηλή τιμή του μέτρου του Young και υψηλή αντοχή, έχοντας επίσης και ανθεκτικότητα στη διάβρωση λόγω της παρουσίας πολύ σκληρών σωματιδίων κλίμακας νανομέτρου στη χαλύβδινη βάση του. Συνδυάζει αποτελεσματικά υψηλή αντοχή με εξαιρετική μορφωσιμότητα και επί του παρόντος χρησιμοποιείται στην παραγωγή εξαρτημάτων, από ιατρικά όργανα μέχρι μέλη ποδηλάτων, και το πεδίο εφαρμογών του όλο και διευρύνεται.



Εικόνα 2. 9: Αυξημένες απαιτήσεις σε ελαστική συμπεριφορά έχουν τα ψηλά μεταλλικά κτίρια

2.3.5 Ανοξειδωτος χάλυβας

Επίσης, η χρήση ανοξειδωτου χάλυβα στην ενίσχυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, έχει περιοριστεί μόνο σε απολύτως αναγκαίες περιπτώσεις, καθώς το κόστος του είναι απαγορευτικό. Παρόλα αυτά, με την ανάπτυξη του χάλυβα MMFX2, συνδυάζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά με την ανθεκτικότητα σε διάβρωση, η οποία οφείλεται στην τροποποιημένη νανοδομή του υλικού αυτού, που προσφέρει μια εναλλακτική επιλογή του συμβατικού ανοξειδωτου χάλυβα, αλλά σε χαμηλότερο κόστος. Οι σημερινές και πιο άμεσα πραγματοποιούμενες εφαρμογές φαίνεται να είναι οι επικαλύψεις οξειδίου του ψευδαργύρου, αργύρου, διοξειδίου του τιτανίου, για προστασία από τη υγρασία καθώς και άργιλοι και διοξείδιο του τιτανίου για αντιπυρική προστασία.

2.3.6 Πυροπροστασία του χάλυβα

Η πυροπροστασία των χαλύβδινων κατασκευών προσδίδεται στα δομικά στοιχεία τους με μια επαλειπτική στρώση, που παράγεται με μια τσιμεντιτική διαδικασία, και εφαρμόζεται με ψεκασμό. Οι σημερινές επικαλύψεις με βάση το τσιμέντο Portland δεν είναι δημοφιλείς, λόγω του μεγάλου πάχους τους, και γιατί τείνουν να είναι εύθρυπτες. Έτσι απαιτούνται προσθήκες πολυμερών για να βελτιωθεί η πρόσφυσή τους.

Έρευνες πάνω στο νανο-τσιμέντο (που αποτελείται από σωματίδια κλίμακας νανομέτρων) δείχνουν ότι υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθεί ένα πρότυπο υλικό σε αυτόν τον τομέα εφαρμογής, επειδή το προκύπτον υλικό είναι σκληρό, ανθεκτικό και αποτελεσματικό σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το υλικό προκύπτει με την ανάμειξη νανοσωλήνων (CNT's) άνθρακα με το τσιμεντοειδές υλικό προς κατασκευή ινώδων

συνθετικών που μπορούν να φέρουν κάποιες από τις εξαιρετικές ιδιότητες των νανοσωλήνων, όπως η αντοχή. Επίσης, σαν συστατικό επικαλύψεων που αυξάνουν την πυραντοχή χρησιμοποιούνται και οι ίνες πολυπροπυλενίου

2.4 Ξύλο

Το ξύλο είναι ένα υλικό που χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται στην κατασκευή από τα βάθη των αιώνων, και έχει βρει χρήστες σε όλα τον κόσμο μέσα στην ιστορία. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ξύλου, που σήμερα το καταστούν ένα μοναδικό και ελκυστικό υλικό και προς τη νανοτεχνολογία περιλαμβάνουν και τα εξής:

1. Είναι ένα από τα πιο άφθονα και εύκολα διαθέσιμα βιολογικά ακατέργαστα υλικά
2. Έχει μια νάνο-ινώδη κυτταρική αρχιτεκτονική, βασισμένη σε νάνο-ίνες κυτταρίνης
3. Αυτό-δημιουργείται δια μέσου ελεγχόμενων συνθετικών διαδικασιών από επίπεδο νάνο-κλίμακας σε επίπεδο μικρο-κλίμακας
4. Η λεπτίνη-κυτταρίνη (lignocellulose) είναι ένα νάνο-υλικό του οποίου οι αλληλεπιδράσεις με άλλα νανο-υλικά είναι ανεξερεύνητη
5. Το ξύλο έχει την ιδιότητα να κατασκευάζεται πολυλειτουργικά.
6. Το ξύλο είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την πρόοδο της βασισμένης στη βιομάζα ανανεώσιμη οικονομία
7. Τα υλικά που έχουν ως βάση τους το ξύλο είναι εύκολα ανακυκλώσιμα και επαναχρησιμοποιήσιμα.

Δύο βασικές στρατηγικές έχουν σήμερα να κάνουν με την εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στο ξύλο και τα υλικά με βάση το ξύλο. Η πρώτη, χρησιμοποιεί νάνο-υλικά και νάνο-αισθητήρες που έχουν αναπτυχθεί μέσω της έρευνας άλλων κατασκευαστικών τομέων, και τους ενσωματώνει στις υπάρχουσες σήμερα μορφές ξυλείας που χρησιμοποιούνται στον κατασκευαστικό τομέα. Έτσι οι επιδόσεις των ξύλινων προϊόντων θα βελτιωθούν μέσω μικρών ή μεγάλων τροποποιήσεων και προσθηκών. Τα προϊόντα αυτά θα ποικίλουν, από ξυλεία ανθεκτική στην υγρασία, μέχρι και συνθετικά προϊόντα υψηλών επιδόσεων που θα περιέχουν ξύλο και παράγωγα του ξύλου, πολυμερή, μέταλλα, γυαλί και τσιμέντο.

Η δεύτερη στρατηγική έγκειται στην εκμετάλλευση των νανο-ιδιοτήτων του ίδιου του ξύλου για την ανάπτυξη νέων κατασκευαστικών υλικών με καινοτόμες μεθόδους παραγωγής. Η εκμετάλλευση και χρήση της βελτιωμένης γνώσης των δομών στη νάνο-κλίμακα αλλά και των ιδιοτήτων του ξύλου, θα οδηγήσουν τελικά σε υλικά και

προϊόντα που είναι οικονομικά, ελαφριά, πολυλειτουργικά, βιολογικής βάσης και ικανά να ανταγωνιστούν το χάλυβα, το σκυρόδεμα και άλλα υλικά υψηλών επιδόσεων. [58]

Το ξύλο αποτελείται από νανοσωλήνες ή «νανο-νημάτια» (nano-fibrils), δηλαδή στοιχεία λεπτίνης-κυτταρίνης (lignocellulosic) από ξυλώδη ιστό, τα οποία είναι δυο φορές δυνατότερα από το χάλυβα, και έχουν περίπου το 25% της αντοχής των νανοσωλήνων άνθρακα. Εάν γίνει δυνατή η σύνθεση επιφανειών λεπτίνης-κυτταρίνης στη νανοκλίμακα, ή ακόμα και εάν γίνει δυνατό να εξαχθούν τα στοιχεία αυτά από το ξύλο, τότε θα έχουμε στη διάθεσή μας ένα εξαιρετικό υλικό με κόστος παραγωγής 10 με 100 φορές χαμηλότερο από το αντίστοιχο των νανοσωλήνων άνθρακα.

Η ενασχόληση της νανοτεχνολογίας με το ξύλο και τα υλικά που έχουν ως βάση τους το ξύλο θα μπορούσε να δώσει απίστευτες ως τώρα δυνατότητες ανάπτυξης για βιολογικής βάσης προϊόντα' προϊόντα με υπερ- αποδόσεις και υψηλό βαθμό ευχρηστίας. Τα προϊόντα αυτά θα έχουν ιδιότητες αντοχής που σήμερα βλέπουμε μόνο σε σύνθετα υλικά με βάση τον άνθρακα, και θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και λειτουργικότητας μέσα σε πολύ υγρά περιβάλλοντα. Οι υπάρχουσες χρήσεις θα αυξηθούν με την ανάπτυξη βιο-σύνθετων υλικών χωρίς ρετσίνα ή σύνθετων ξύλου-πλαστικού με αυξημένη αντοχή και λειτουργικότητα λόγω των νάνο-εντεταμένων και νάνο- επεξεργασμένων δεσμών ίνα-με-ίνα και ίνα-με-πλαστικό.

Η νανοτεχνολογία θα επιτρέψει την ανάπτυξη ευφυών ξύλινων και βιο- σύνθετων προϊόντων με διατάξεις νάνο-αισθητήρων για την μέτρηση δυνάμεων, φορτίων, επιπέδου υγρασίας και θερμοκρασίας, πίεσης και χημικών εκπομπών. Η νανοτεχνολογία μπορεί να ανιχνεύει και να προειδοποιεί για την επίθεση μυκήτων και τερμιτών, οι οποίοι καταστρέφουν το ξύλο. Η κατασκευαστική πολύ-λειτουργικότητα πάνω σε επιφάνειες λεπτίνης-κυτταρίνης στην νάνο-κλίμακα θα μπορούσε να ανοίξει νέες δυνατότητες για εφαρμογές όπως οι αυτό-αποστειρώμενες επιφάνειες, παραγωγή ενέργειας, και ηλεκτρονικές συσκευές.



Εικόνα 2. 10:Εφαρμογή επικάλυψης κατά της υγρασίας σε ξύλινη επιφάνεια



Εικόνα 2. 11: Εφαρμογή επικάλυψης κατά της υπεριώδους ακτινοβολίας σε ξύλινη επιφάνεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΑΛΛΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

3.1 Εισαγωγή

Οι μηχανικοί καλούνται σήμερα να δώσουν πρωτοποριακές λύσεις ώστε να καθυστερήσουν την κλιματική αλλαγή, συνδυάζοντας φιλόδοξα αρχιτεκτονικά σχέδια με την εξοικονόμηση ενέργειας. Η χρήση υλικών με κατάλληλες ιδιότητες, που σήμερα είναι δυνατή μέσω της νανοτεχνολογίας, προσφέρει στην αρχιτεκτονική τρόπους ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας με αντίστοιχα μεγαλύτερη πρωτοτυπία, και έτσι μπορούμε να πούμε ότι η χρήση της νανοτεχνολογίας στις κατασκευές συνδέεται άμεσα με την βιωσιμότητα.

Πέρα όμως από τα περιβαλλοντικά οφέλη, οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας μας προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια, άνεση και προστατεύουν τις κατασκευές από τη φθορά λόγω πολυκαιρίας ή λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται νέα υλικά τα οποία βρίσκουν εφαρμογές κυρίως στον τομέα της αρχιτεκτονικής, και κάνουν πιο εύκολη τη χρήση και τη συντήρηση των κτιρίων, με τις καινοφανείς τους ιδιότητες. Σύμφωνα με τις ιδιότητες τους, νανοϋλικά και νανοεπιφάνειες χρησιμοποιούνται σήμερα, ως στεγανωτικά, καθαριστικά, αντιμικροβιακά, θερμομονωτικά, αντηλιακά, σκληρυντικά κ.α.. Υπάρχει σήμερα μια μεγάλη γκάμα διαφορετικών και πρότυπων εφαρμογών νανοϋλικών που βρίσκονται είδη σε μαζική παραγωγή.

3.2 Θερμομόνωση

3.2.1 Μονωτικά Πάνελ Κενού (vacuum insulation panels VIPs)

Τα πάνελ αυτά παρέχουν πολύ καλή θερμική μόνωση έχοντας ελάχιστο πάχος. Σε σύγκριση με τα συνήθη μονωτικά υλικά, όπως το πολυστηρόλιο, η θερμική αγωγιμότητα μειώνεται κατά δέκα περίπου φορές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, είτε την επίτευξη μεγαλύτερης θερμικής αντίστασης για το ίδιο πάχος μόνωσης, είτε την χρήση μικρότερου πάχους μόνωσης για την επίτευξη της ίδιας θερμικής αντίστασης. Με λίγα λόγια επιτυγχάνεται μέγιστη θερμική μόνωση με το μικρότερο δυνατό πάχος μονωτικού υλικού (0.005W/mK).

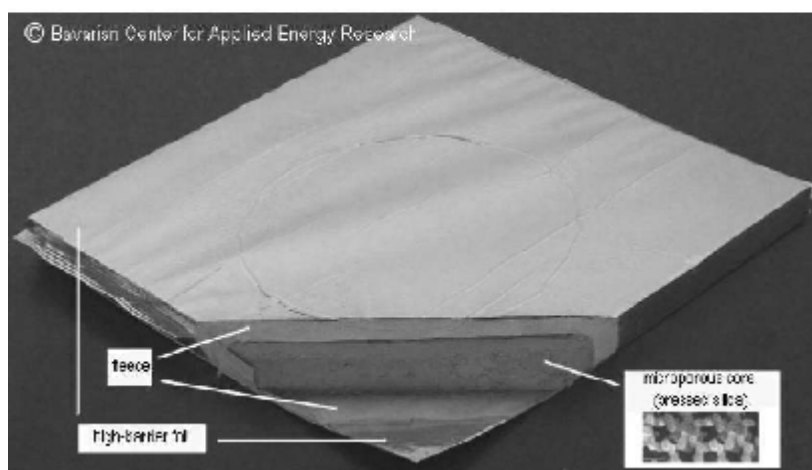
Η τεχνολογία των μονωτών κενού (VIPs) βασίζεται στην ίδια βασική αρχή που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα στα θερμό. Η χαμηλή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται με την παντελή έλλειψη αέρα, δημιουργία κενού. Στα θερμό, εκκενώνεται ο αέρας μεταξύ ενός γυάλινου κελιού με διπλό τοίχωμα, καθώς η κυλινδρική μορφή του κελιού προσφέρει αντίσταση στην υψηλή πίεση που εμφανίζεται στα τοιχώματα του κελιού λόγω της ύπαρξης κενού. Το πρόβλημα της υψηλής πίεσης όμως, παραμένει στους μονωτές κενού, που έχουν σχήμα επίπεδο αντί κυλινδρικού. Λύση εδώ έρχεται να δώσει η χρήση ενός ιδιαίτερα λεπτού υλικού (υπό μορφή αφρού, σκόνης, ή ινών fiberglass) που παρεμβάλλεται μεταξύ των επιφανειών, με νανοπορώδες που αγγίζει τα 100nm. Μια σχετικά μικρή πίεση είναι ικανή πλέον να εκκενώσει τον αέρα κάνοντας εφικτή την κατασκευή πάνελ (VIPs) και την χρήση τους στις κατασκευές. Το πάχος αυτών των πάνελ κυμαίνεται από 2mm έως 4mm. Τα μονωτικά πάνελ κενού χρησιμοποιούνται είτε εξ αρχής κατά την δόμηση νέων κτηρίων, είτε κατά την αναστύλωση - αναπαλαίωση παλαιότερων κατασκευών στους τοίχους ή στα δάπεδα.

Τα πάνελ κατασκευάζονται ως εξής: Ένας περιβάλλον σκελετός, υπό μορφή φακέλου, κατασκευασμένος από πλαστικό (συνήθως καλύπτεται από αλουμίνιο) ή από ανοξείδωτο ατσάλι περιέχει το υλικό πλήρωσης σε κενό. Το υλικό πλήρωσης έχει την μορφή αφρού, σκόνης, ή ινών (fibre glass) και πρέπει πάντα να είναι πορώδες, να αντιστέκεται στην πίεση και να μπορεί να εκκενωθεί. Τα άκρα σφραγίζονται ερμητικά, τυλίγονται προς το εσωτερικό του φακέλου και κολλάνε σε αυτόν.

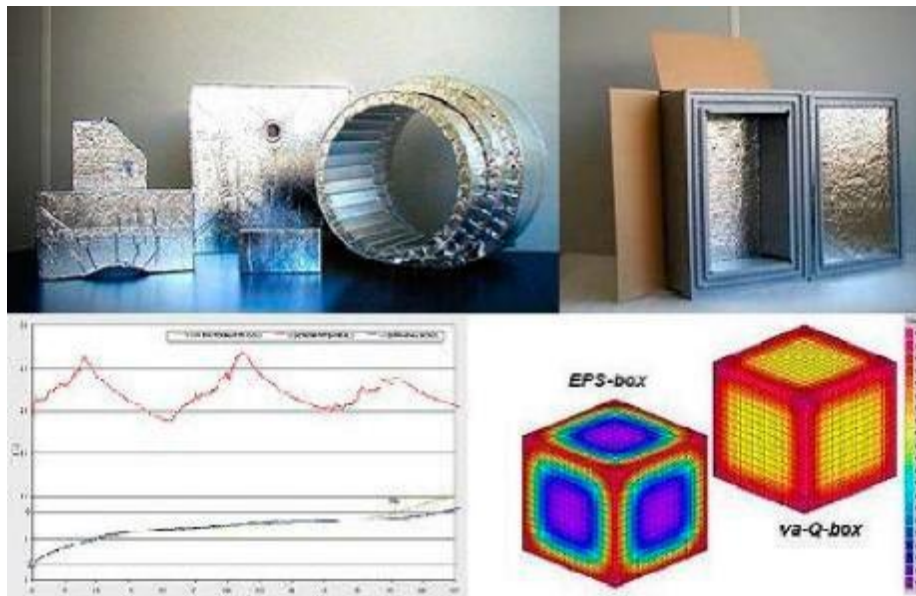
Κατά την κατασκευή πρέπει να ληφθούν υπ' όψη αρκετές παράμετροι. Συγκεκριμένα, πρέπει πάντα να διατηρούνται σταθερές διαστάσεις κατά την κατασκευή των πάνελ ή τουλάχιστον όποτε αυτό είναι εφικτό, καθώς σε αντίθετη περίπτωση, λόγω των ιδιαίτερων τεχνικών κατασκευής το κόστος γίνεται αρκετά υψηλό. Για την σωστή λειτουργία των πάνελ, πρέπει το περίβλημα του φακέλου (που περιέχει το κενό) να μην έχει τρύπες.

Αυτό σημαίνει πως τα πάνελ δεν μπορούν να κοπούν, ώστε να μεταβληθεί το μέγεθός τους. Για περιοχές που παραμένουν ανοικτές ή για άλλες που διαπερνούν για οποιοδήποτε λόγο το μονωτικό υλικό, χρησιμοποιείται συνήθως συνδυασμός πάνελ διαφορετικών μεγεθών. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει επίσης να δίνεται και κατά την τοποθέτηση των πάνελ ώστε να μην μένουν κενά, που μπορεί να λειτουργήσουν ως «γέφυρες θερμότητας».

Τα μονωτικά πάνελ κενού, υπάρχουν από το 1950, αλλά το υψηλό κόστος κατασκευής τους έκανε αδύνατη τη χρήση στις κατασκευές. Σήμερα η εκτεταμένη έρευνα έχει οδηγήσει στην σημαντική μείωση του κόστους και του χρόνου παραγωγής, λόγω και της χρήσης νέων υλικών. Ο χρόνος ζωής των πάνελ κυμαίνεται σήμερα μεταξύ 20 και 50 χρόνων, ενώ κάποια υλικά εμφανίζουν ακόμη μεγαλύτερη αντοχή. Η σημαντική αυτή βελτίωση οφείλεται, στην μεγάλη αντοχή του περιβάλλοντος υλικού, στον βαθμό του κενού στο εσωτερικό, στον τρόπο σφράγισης του φακέλου και επιπλέον στον τρόπο εγκατάστασης των πάνελ κατά την κατασκευή. Πρέπει τέλος να τονιστεί ότι τα πάνελ κενού μπορούν να ανακυκλωθούν.



Εικόνα 3. 1 & Εικόνα 3. 2: Μονωτικοί πίνακες κενού VIPs.

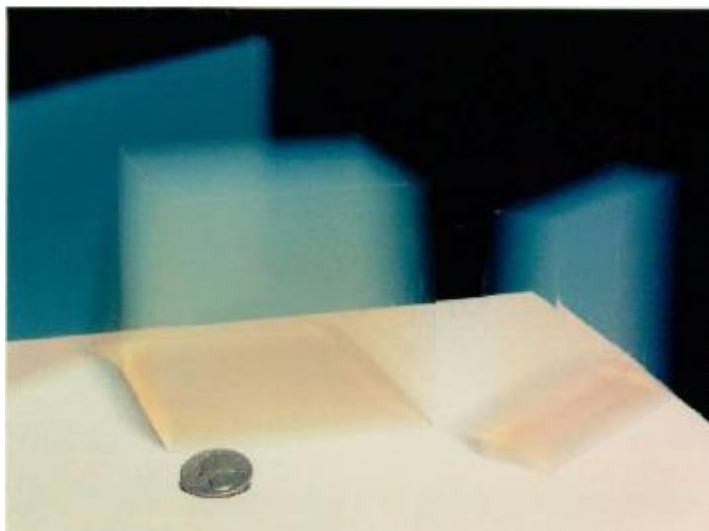


Εικόνα 3. 3 & Εικόνα 3. 4: Εφαρμογές Μονωτικών Πινάκων Κενού

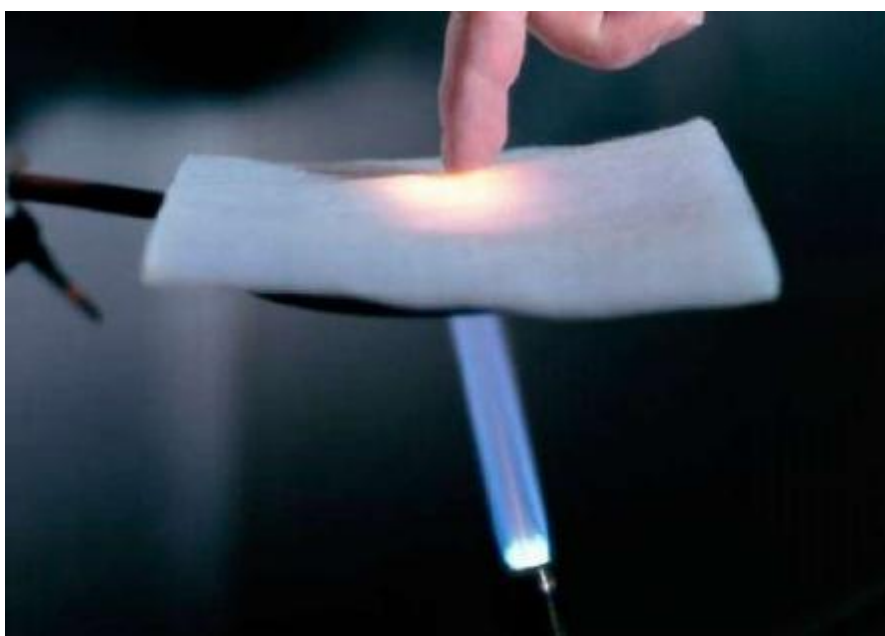


3.2.2 Aerogel

Πρόκειται για ένα νέο υλικό που εμφανίζει υψηλές αποδόσεις τόσο θερμικής μόνωσης όσο και ηχητικής. Είναι το πιο ελαφρύ στερεό υλικό, το οποίο δημιουργήθηκε το 1931. Το ζελέ αυτό είναι σφαιρικό, κοκκώδες και με γαλακτώδη υφή, ημιδιαφανές και έχει την μορφή νέφους. Δεν είναι τίποτε άλλο από έναν αεριούχο αφρό που αποτελείται σχεδόν από 100% αέρα (η ακριβής περιεκτικότητα κυμαίνεται από 95% έως 99.9%). Το υπόλοιπο υλικό του αφρού είναι πυριτία (SiO_2).



Εικόνα 3. 5: Πλάκες από θερμομονωτικό υλικό aerogel.



Εικόνα 3. 6: Λόγω των πολύ καλών θερμομονωτικών ιδιοτήτων του υλικού το ανθρώπινο χέρι δεν καίγεται.

Ιδιαίτερης σημασίας για την ποιότητα του τζελ, είναι οι νανοδιαστάσεις των πόρων (μεγέθους 20nm) που σχηματίζονται καθώς σε αυτούς παγιδεύονται τα μόρια αέρα τα οποία αδυνατώντας να κινηθούν δίνουν στο υλικό τις άριστες θερμομονωτικές ιδιότητές του. Η πολύ υψηλή θερμική αντίσταση που εμφανίζει φαίνεται στον πολύ χαμηλό θερμικό συντελεστή του υλικού που φτάνει τα 0.018W/mK . Πέρα από την απώλεια θερμότητας σε

κρύες περιοχές (φαινόμενο «κρύου τοίχου»), εμποδίζεται η εισροή θερμότητας από έξω (σε ζεστά κλίματα). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα αεροτζελς να λειτουργούν καταλυτικά στην μείωση του κόστους ψύξης - θέρμανσης των χώρων. Χρησιμοποιείται σαν υλικό πλήρωσης σε διαφόρων τύπων κενά, όπως υαλοπίνακες, κλπ.

Λόγω της ιδιότητας του ως ημιδιαφανές υλικό, επιτρέπει την πολύ καλή διάδοση του φωτός και επιπλέον βοηθά στην σωστή κατανομή του στο χώρο.

Το διάπλετο φως, μετατρέπεται σε απαλό χωρίς λάμψη, με αποτέλεσμα υλικά που χρησιμοποιούνται για δημιουργία σκιάς να καθίστανται πλέον άχρηστα και επιπλέον να μην γίνεται χρήση τεχνητού φωτός κατά την διάρκεια της μέρας. Η ομοιόμορφη κατανομή του φωτός είναι και η αιτία του φαινομένου κατά τις σκοτεινές μέρες, το εσωτερικό του κτηρίου να μοιάζει πιο φωτεινό από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι ακτίνες UV δε χρωματίζουν το υλικό. Τέλος λόγω της υδρόφοβης ιδιότητας του εμποδίζει τη διάδοση υγρασίας.

Το αεροτζέλ με τις πολύ καλές θερμικές του ιδιότητες, βοηθά σήμερα, σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στις κατασκευές. Επιπλέον επιτρέπει την καλή κατανομή του φωτός την μέρα και λόγω του μικρού βάρους που έχει είναι ιδιαίτερα ευέλικτο κατά τις διάφορες χρήσεις του.

3.3 Πυροπροστασία

3.3.1 Αντιπυρικό γυαλί (Aerosil)

Μια ποσότητα πάχους 3mm αυτού του υλικού, που χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης ανάμεσα σε δύο τζάμια, είναι ικανό να αντέξει για περισσότερο από 120 λεπτά συνεχούς έκθεσης σε φλόγες θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 1000°C. Το αρχικό υλικό (aerosil) είναι ένα πυρογενετικό πυριτικό οξύ, που βρίσκει χρήση στην βιομηχανία χρωμάτων. Τα πυρογενετικά πυριτικά νανοσωματίδια, παρά το μικρό τους μέγεθος (7nm), είναι ιδιαίτερα ενεργά καθώς έχουν σχετικά μεγάλη επιφάνεια. Ανάλογα με την επιθυμητή διάρκεια πυροπροστασίας το υλικό πλήρωσης τοποθετείται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα γυαλιά. Το μέγεθος των σωματιδίων πλήρωσης είναι μεταβλητό και μετριέται σε τετραγωνικά μέτρα της επιφανείας του ανά γραμμάριο. Τα συνήθη προϊόντα κυμαίνονται μεταξύ 90 και 380 τετραγωνικά μέτρα ανά γραμμάριο.

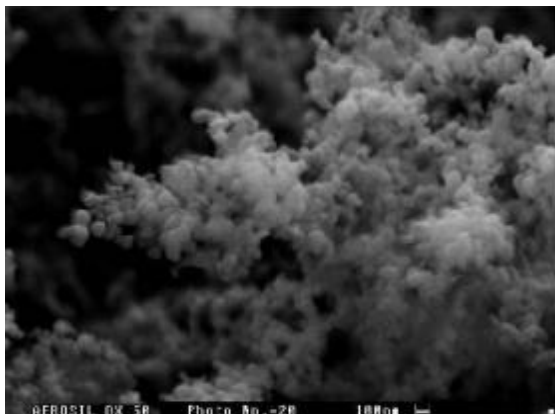
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του, είναι το σχετικά μικρό βάρος του γυαλιού, η λεπτή κατασκευή του καθώς και η μεγάλη διάρκεια της πυροπροστασίας. Οι παραπάνω ιδιότητες λειτουργούν καταλυτικά κατά την κατασκευή, εγκατάσταση, μεταφορά, αισθητική και

φυσικά κατά την περίπτωση πυρκαγιάς. Κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς το αντιπυρικό υλικό απλώνεται με την μορφή αφρού, εμποδίζοντας την εξάπλωση της πυρκαγιάς και διατηρώντας ταυτόχρονα ανοικτές τις εξόδους διαφυγής τόσο για τους χρήστες όσο και για τους πυροσβέστες. Το επιπλέον στρώμα δεν εμφανίζει ρωγμές ή άλλα σημάδια και είναι πρακτικά αόρατο. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα, είναι η πολύ καλή ηχομόνωση που προσφέρει.

Από το 1990 και μετά, γίνονται έρευνες για την μετατροπή αντιπυρικών υλικών από πυρίτιο σε γυαλί ασφαλείας. Αυτή η προσέγγιση μειώνει αρκετά την κατανάλωση ενέργειας κατά την κατασκευή του υλικού και είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον. Σήμερα έχει απλοποιηθεί αρκετά η περίπλοκη παραγωγική διαδικασία, όπου χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια μικρότερα των 70nm, με αποτέλεσμα την κατασκευή ενός σταθερού υψηλής διαφάνειας αντιπυρικού γυαλιού. Η αντιπυρική μάζα δεν επηρεάζεται από την υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ ακόμα και μικρού πάχους στρώματα προσφέρουν προστασία για περισσότερα από 120 λεπτά. Κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς το υλικό δημιουργεί ένα προστατευτικό στρώμα που εμποδίζει επιπλέον και την διάδοση της θερμότητας.



Εικόνα 3. 7 & Εικόνα 3. 8; **Aerosil: πυρογεννητικό πυριτικό οξύ**



Εικόνα 3. 9 & Εικόνα 3. 10: Μοριακή δομή του aerosil

3.4 Αντιμικροβιακή προστασία

Οι φωτοκαταλυτικές επιφάνειες (photocatalytic surfaces), χρησιμοποιούνται για αντιμικροβιακή προστασία, λόγω της ιδιότητας που έχουν να αποδομούν οργανικά υποκατάστατα που βρίσκονται στους ρύπους. Με την βοήθεια νανοσωματιδίων από άργυρο, κατασκευάζονται επιφάνειες που εμφανίζουν αντιβακτηριδιακές ή μικροβιοκτόνες ιδιότητες. Με την μορφή πολύ λεπτών και αόρατων επικαλύψεων ή υλικών στα οποία έχουν προστεθεί τα σωματίδια αυτά, προσφέρουν προστασία μεγαλύτερη και από αυτή των αντιβιοτικών. Στο εμπόριο αυτή την στιγμή είναι διαθέσιμα προϊόντα επικάλυψης δαπέδων, μιογιές, υφάσματα κ.α.. Στην αρχιτεκτονική εσωτερικών χώρων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προϊόντα επικάλυψης πατωμάτων, τοίχων ή ταβανιών, επίπλων, διακοπών κ.α.

Η αντιβακτηριδιακή δράση, επιτυγχάνεται με την χρήση νανοσωματιδίων από άργυρο μεγέθους λίγων νανόμετρων. Οι αντιμικροβιακές ιδιότητες του αργύρου είναι γνωστές για περισσότερα από 3000 χρόνια. Η διαφορά της χρήσης του στην νανοτεχνολογία δεν είναι άλλη από το μέγεθος των σωματιδίων που χρησιμοποιούνται. Η δράση του αυτή, είναι αποτέλεσμα της ιδιότητας των ιόντων του αργύρου να διαλύονται με μικρό ρυθμό. Ο μεγάλος λόγος επιφάνειας προς όγκο των νανοσωματιδίων, σημαίνει πως τα ιόντα μπορούν να ελευθερώνονται πιο εύκολα, με αποτέλεσμα να καταπολεμούν τα μικρόβια πιο αποτελεσματικά. Τα βακτήρια δεν έχουν καμία πιθανότητα επιβίωσης καθώς τα ιόντα αρχικά εμποδίζουν την κυτταρική τους διαίρεση, στην συνέχεια αποσταθεροποιούν την μεμβράνη, τα τοιχώματα και το πλάσμα του κυττάρου τους και τέλος εμποδίζουν την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από αυτά. Με τον τρόπο αυτό τα μικρόβια εξαλείφονται χωρίς την χρήση χημικών. Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως η αντιβακτηριδιακή δράση των υλικών αυτών είναι μόνιμη και δεν χάνεται με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 3. 11: Αντιμικροβιακή σκόνη νανο-διοξειδίου του Τιτανίου

3.5 Προστασία από τον ήλιο

3.5.1 Προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία

Η προστασία από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου, είναι ένα ζητούμενο που αφορά όλα σχεδόν τα χρηστικά αντικείμενα του ανθρώπου. Τα έπιπλα καθώς και οι χρωματισμένες επιφάνειες ξεθωριάζουν έντονα όταν αυτές εκτίθενται στο υπεριώδες φως, καθώς αυτό καταστρέφει τις χρωστικές ουσίες. Εκτός όμως από την εξωτερική μορφή και, κατά συνέπεια την εμφάνιση των επίπλων, καταστρέφεται και το υλικό κατασκευής τους πράγμα που επηρεάζει πιθανότατα και την ευστάθειά τους.

Υπάρχουν δύο τρόποι προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία. Ο ένας σχετίζεται με την χρήση υλικών που φιλτράρουν την βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία των ηλιακών ακτίνων, πριν αυτές έρθουν σε επαφή με το προς προστασία υλικό. Για τον λόγο αυτό πρέπει να βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια των αντικειμένων (υλικών), η οποία και εκτίθεται στην υπεριώδη ακτινοβολία, και έχουν την μορφή μιας προστατευτικής λάκας. Ο δεύτερος τρόπος προστασίας βασίζεται, στα γνωστά πλέον αντιοξειδωτικά (free - radical scavengers), τα οποία σε αντίθεση με την πρώτη προσέγγιση αρχίζουν να λαμβάνουν δράση αργότερα. Διακόπτουν την αποδόμηση των υλικών που έχουν ήδη υποστεί ζημιά, αντιδρώντας με τις ελεύθερες ρίζες (radicals) και μετατρέποντας τις σε αδρανή συστατικά. Σε αυτή τη μέθοδο η ουσία εμποτίζεται στο ίδιο το υλικό.

Το μειονέκτημα και των δύο προσεγγίσεων είναι ότι καμία δεν προσφέρει απόλυτη προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, μόνο μειώνουν το μέγεθος και καθυστερούν την φθορά. Επιπλέον, καθώς και τα δύο υποκατάστατα είναι οργανικά υλικά υπόκεινται και αυτά στην φθορά της υπεριώδους ακτινοβολίας, πράγμα που συνεπάγεται την μείωση του βαθμού προστασίας με την πάροδο του χρόνου. Με άλλα λόγια ο εκφυλισμός του υλικού λαμβάνει

χώρα με γρήγορους ρυθμούς' πρώτα το υλικό χάνει το χρώμα του, στην συνέχεια κονιορτοποιείται, και τέλος σχηματίζεται μία ελαφριά, λεπτή στρώση σκόνης στην επιφάνεια. Για τους λόγους αυτούς, οι κλασικοί τρόποι προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία δεν είναι δυνατό να δώσουν μια αξιόπιστη και μακράς διάρκειας λύση στο πρόβλημα.

Ένας πρωτότυπος τρόπος προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία είναι η χρήση ανόργανων υποκατάστατων. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι δεν επηρεάζονται από την ακτινοβολία και έτσι προσφέρουν διαρκή προστασία. Τα πιο κατάλληλα υποκατάστατα για τέτοιου είδους χρήση είναι το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2), το οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO) και το οξείδιο του γερμανίου (CeO). Το διοξείδιο του τιτανίου προσφέρει προστασία από τις υψηλής ενέργειας UV - B ακτίνες, αφήνοντας το UV - A μέρος του φάσματος ανεπηρέαστο. Το οξείδιο του ψευδαργύρου προστατεύει από τις UV - A και UV - B ακτίνες που βρίσκονται κοντά στο φάσμα του ορατού φωτός, καλύπτοντας δηλαδή τη μεγαλύτερη φασματική περιοχή. Το CeO δεν απορροφά μόνο όλες τις υπεριώδεις ακτίνες αλλά και ένα μέρος του ορατού φωτός, με αποτέλεσμα να δίνει μία απαλή κιτρινωπή απόχρωση, η οποία δυστυχώς περιορίζει τις εφαρμογές του.

Όλες οι προστατευτικές επικαλύψεις, πρέπει να είναι διαφανείς, ώστε να παραμένει αμετάβλητο το χρώμα και η δομή του υλικού που επικαλύπτεται. Για αυτό το λόγο, τα μεμονωμένα ανόργανα σωματίδια που προστατεύουν από την υπεριώδη ακτινοβολία, πρέπει να είναι μικρότερα από 15 nm. Κάτω από το μέγεθος αυτό, παύουν να διαθλούν το ορατό φως και παραμένουν ουσιαστικά αόρατα. Μεγαλύτερα σωματίδια, ή συσσωματώματα μικρότερων σωματιδίων σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλούν εμφανή νεφελώματα.



Εικόνα 3. 12 & Εικόνα 3. 13: Προϊόντα που χρησιμοποιούν εφαρμογές της νανοτεχνολογίας για προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία

Συσσωματώματα ελεύθερων μορίων κάνουν την εμφάνιση τους, σταδιακά στην αγορά υπό μορφή λάκας. Στο προσεχές μέλλον αναμένονται λάκες και βερνίκια που να μπορούν να προσφέρουν υψηλή προστασία από τις υπεριώδεις ακτίνες. Χρησιμοποιώντας αυτά τα ανόργανα συστατικά υπό μορφή λάκας είναι δυνατό να επιτύχει κανείς προστασία που δεν φθίνει με την πάροδο του χρόνου.

3.5.2 Αντηλιακή προστασία

Υπάρχουν δύο είδη γυαλιού που σκοτεινιάζει μόνο του (self - darkening), τα οποία χρησιμοποιούνται για την προστασία από τον ήλιο:

Οι ηλεκτροχρωματικά μεταβαλλόμενες επιστρώσεις γυαλιών, υπάρχουν στην αγορά εδώ και αρκετό καιρό, αλλά έχουν δύο μειονεκτήματα που περιόρισαν σε μεγάλο βαθμό τις εφαρμογές τους. Χρειάζονται μεγάλες ποσότητες συνεχούς ρεύματος και επιπλέον μεγάλες επιφάνειες αυτού του τύπου του γυαλιού παρουσιάζουν αρκετές οπτικές ανωμαλίες.

Η ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας έδωσε μια νέα έννοια στην χρήση ηλεκτροχρωματικού γυαλιού στα κτήρια. Η βασική διαφορά, με το αρχικό προϊόν, είναι ότι πλέον δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη, σταθερού ηλεκτρικού ρεύματος. Απαιτείται μόνο η χρήση ενός διακόπτη για την μεταβολή του βαθμού διάδοσης του φωτός μεταξύ δύο καταστάσεων. Χρειάζεται για παράδειγμα ένας διακόπτης για την μετάβαση από εντελώς διάφανο χρώμα γυαλιού σε πιο σκούρο και άλλος ένας για την επιστροφή στην αρχική κατάσταση.

Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τον χρωματισμό της πολύ λεπτής αυτής νανο - επικάλυψης είναι πάρα πολύ μικρή. Ο χρόνος που απαιτείται για την μεταβολή από μία χρωματική κατάσταση σε μία δεύτερη φτάνει τα μερικά λεπτά, που είναι μάλλον αρκετός. Το εύρος των διαστάσεων αυτών των επικαλύψεων είναι σχετικά μικρό καθώς κυκλοφόρησαν αρκετά πρόσφατα στην αγορά, με μεγαλύτερες αυτές των 120 x 200 εκατοστά. Είναι επίσης δυνατό να συνδυαστεί η συγκεκριμένη ιδιότητα με άλλες, όπως αυτές της ασφαλείας, θερμικής μόνωσης ή της ηχητικής μόνωσης.

Ένας δεύτερος τρόπος για την κατασκευή πιο σκούρων γυάλινων επιφανειών είναι το φωτοχρωματικό γυαλί. Στην περίπτωση αυτή το ηλιακό φως αναγκάζει αυτόματα το γυαλί να γίνει πιο σκούρο, χωρίς την χρήση διακοπών.

Και στις δύο περιπτώσεις οι κουρτίνες και οι περσίδες, καθίστανται άχρηστες. Για το εσωτερικό γραφείων με υπολογιστές, όπου απαιτείται φως χωρίς λάμψη και σκιά και οι δύο περιπτώσεις είναι ιδανικές. Δημιουργούν στο εσωτερικό του κτηρίου σκιά ενώ παράλληλα διατηρούν την συνεχή οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

3.5.3 Μείωση αντανάκλασεων

Η διάδοση του φωτός, μέσω διαφανών υλικών όπως το γυαλί ή το πλαστικό, τα οποία έχουν την ιδιότητα να αντανάκλουν ένα μέρος του φωτός αυτού, μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η αντανάκλαση των ακτίνων του τελευταίου. Το γυαλί επιτρέπει στο 90 τοις εκατό του προσπίπτοντος φωτός να περάσει μέσα από αυτό. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη μεταβολή του δείκτη διάθλασης του φωτός μεταξύ δύο διαφορετικών μέσων (π.χ. γυαλί και αέρα). Επομένως ο δείκτης διάθλασης των υλικών είναι ο παράγοντας που πρέπει να μεταβληθεί, για την αύξηση της διάδοσης του φωτός μέσω αυτών.

Στην αρχιτεκτονική εσωτερικών χώρων, η χρήση του αντι αντανάκλαστικού γυαλιού ως μέσο μείωσης των αντανάκλασεων, δεν είναι κάτι καινούργιο. Η περίπλοκη κατασκευή του, που περιλαμβάνει την εφαρμογή διάφορων στρωμάτων, σημαίνει ότι πρόκειται για ένα ιδιαίτερα ακριβό υλικό. Επιπλέον, η προσκόλληση στο πλαστικό δεν είναι το ίδιο καλή όσο στο γυαλί

Ένα περαιτέρω μειονέκτημα είναι ότι τέτοια πολυστρωματικά συστήματα λειτουργούν μόνο στο φάσμα του ορατού φωτός με μήκος κύματος από 380 έως 780 νανόμετρα, με αυξημένες αντανάκλασεις σε άλλα μέρη του φάσματος. Δυστυχώς, τα οφέλη από το φάσμα του ορατού φωτός, δεν μπορούν να αντισταθμίσουν τις απώλειες στην υπέρυθη περιοχή και για το λόγο αυτό δεν αποτελούν αξιόπιστες λύσεις για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των ηλιακών συσσωρευτών.

Οι διαφανείς μονοδιάστατες δομές (επικαλύψεις) επιφάνειας, όπου τα μόρια είναι μικρότερα από το μήκος κύματος του ορατού φωτός, προσφέρουν όχι μόνο μία καινοτόμο αλλά και μια οικονομικώς αποδοτική λύση κατά των αντανάκλασεων. Η δομή τους αποτελείται από τις μικρές, 30 έως 50 νανόμετρα, σφαίρες διοξειδίου πυριτίου (SiO_2). Ένα ενιαίο διαχωριστικό στρώμα, τοποθετείται με τη βύθιση του γυαλιού ή του πλαστικού στο διάλυμα και καλύπτει ένα μεγάλο εύρος φάσματος του ορατού φωτός. Ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού στρώματος είναι πολύ μικρός και μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια, όπως με μεγάλη ακρίβεια μπορεί να καθοριστεί και το πάχος της επικαλύψεις. Το πάχος των 150 νανομέτρων θεωρείται ιδανικό. Η αναλογία του αντανάκλωμένου φωτός μειώνεται από 8% σε λιγότερο από 1 %.

Ένας άλλος αλλά οικονομικώς αποδοτικός τρόπος για την παραγωγή επιφανειών που περιορίζουν τις αντανάκλασεις είναι το φαινόμενο moth - eye. Στη Γερμανία έχει αναπτυχθεί μια παρόμοια δομή που μπορεί να εντυπωθεί ή να θερμοκολληθεί επάνω στο γυαλί. Η χρησιμοποίηση θερμικών διεργασιών για την επεξεργασία των επιφανειών αυτών, μπορεί να αυξήσει, την οπτική μετάδοση του γυαλιού σε πάνω από 98%, και των πλαστικών, όπως το ακρυλικό γυαλί για παράδειγμα, σε πάνω από 99%. Εκτός από την δράση κατά των

αντανακλάσεων, στα υλικά μπορούν να εισαχθούν και ιδιότητες που χρησιμεύουν για την απομάκρυνση της βρωμιάς ή ακόμα και αντιστατικές ιδιότητες που χρησιμεύουν για την απομάκρυνση της σκόνης.

Το μειονέκτημα της συμβατικής τεχνολογίας κατά των αντανακλάσεων, όπως η περιορισμένη φασματική περιοχή και η σύνθετη διαδικασία παραγωγής, εξαλείφονται με τη χρήση της νανοτεχνολογίας. Το γυαλί κατά των αντανακλάσεων, μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες ποσότητες στις κατασκευές, προκειμένου να ωφεληθεί από την αυξανόμενη ηλιακή μετάδοση, ως αποτέλεσμα του μεγάλου φασματικού εύρους των πολλαπλών ανακλάσεων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αυξανόμενη αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς ολόκληρο το φάσμα της ηλιακής ενέργειας από 400 έως 2500 νανόμετρα, είναι πλέον εκμεταλλεύσιμο. Ο βαθμός μετάδοσης στις χαμηλές γωνίες της πρόσπτωσης είναι επίσης πολύ καλύτερος από πριν, καθιστώντας τέτοια συστήματα λιγότερο εξαρτώμενα από τη γωνία του ήλιου. Με τη μείωση του ποσού υπο-χρησιμοποιούμενης και επομένως χαμένης ηλιακής ενέργειας, το ενεργειακό κέρδος και η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων βελτιώνονται αρκετά, με συνέπεια την αύξηση της απόδοσης τους μέχρι και 15%.

Οι νανοεπικαλύψεις έχουν ένα πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και δεν είναι πλέον πιο ευαίσθητες στους ρύπους από το κανονικό γυαλί. Σε σύγκριση με το συμβατικό γυαλί κατά των αντανακλάσεων, εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη αντίσταση σε γδαρσίματα, πράγμα που τα καθιστά κατάλληλα για καθημερινή χρήση.

3.6 Ρύθμιση θερμοκρασίας: Υλικά μεταβαλλόμενης φάσης (phase changing materials, PCMS)

Για την ρύθμιση της θερμοκρασίας στα κτήρια (ψύξη - θέρμανση), απαιτούνται τεράστιες ποσότητες ενέργειας με ταυτόχρονη εκπομπή, αντίστοιχων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα. Με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας, η ενέργεια αυτή είναι δυνατό να μειωθεί σημαντικά. Τα υλικά αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, που είναι επίσης γνωστά ως υλικά μεταβαλλόμενης φάσης (PCM), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η καλή θερμική μόνωση του PCM, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είτε σε νέα είτε σε παλαιά κτήρια, για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας ή για την μείωση απότομων μεταβολών της. Επιδεικνύει την ίδια καλή συμπεριφορά είτε χρησιμοποιείται για ψύξη είτε για θέρμανση.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που καταδεικνύει την υψηλή θερμική χωρητικότητα των αποθηκευτών λανθάνουσας θερμότητας, είναι ένας κύβος πάγου, που

μεταβάλλεται στη ρευστή του φάση στους 0°C . Η υγρή κατάσταση αρχίζει επίσης στους 0°C αλλά η ενέργεια που απαιτείται για αυτή την μεταβολή της κατάστασης είναι η ίδια με αυτή που χρειάζεται για την θέρμανση υγρού νερού από τους 0°C στους 80°C . Αυτή η «κρυφή» αποθήκη θερμότητας, είναι σχετικά (correspondingly) μεγάλη, με αποτέλεσμα η αρχή στην οποία βασίζεται να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μόνωση κτηρίων. Η λέξη «λανθάνουσα» χρησιμοποιείται με την έννοια της «κρυφής», δηλαδή υπάρχει αλλά δεν φαίνεται.

Η χρήση υλικών μεταβαλλόμενης φάσης δεν είναι σύγχρονη. Στην αρχαία Βαγδάτη, τα δωμάτια διατηρούνταν δροσερά με την χρήση πάγου. Κατά τη δεκαετία του 1940, έγιναν οι πρώτες σύγχρονες προσπάθειες για την χρήση των υλικών μεταβαλλόμενης φάσης σε κτήρια. Η χρήση του υλικού έγινε διαδεδομένη, μετά την παραγωγή μικρο - καψουλών (MPCM), κάτι που αποτέλεσε σταθμό στην ανάπτυξη του υλικού. Το 1980 η NASA ξεκίνησε βασική έρευνα πάνω στην ανάπτυξη των PCM's. Το 1988 κατασκευάστηκαν οι πρώτες διαστημικές στολές και γάντια που επέτρεπαν στους κοσμοναύτες να αντέχουν στις ακραίες θερμοκρασίες του διαστήματος. Στα κτήρια και στις κατασκευές η βασική χρήση τους αφορά την διατήρηση της ενέργειας.



Εικόνα 3. 14 & Εικόνα 3. 15: Γάντια και στολή μεταβαλλόμενης φάσης



Εικόνα 3. 16: Μεταβολή φάσης του υλικού κατά την πρόσληψη θερμότητας.

Τα υλικά μεταβαλλόμενης φάσης, PCM's, κατασκευάζονται από παραφίνες και ένυδρα άλατα. Μικρές σφαίρες παραφίνης σφραγίζονται σε πλαστικούς υποδοχείς. Αυτά

εισάγονται σε κατασκευαστικά υλικά, όπου αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι 3 εκατομμύρια από αυτές τις κάψουλες είναι δυνατό να χωρέσουν σε 1 τετραγωνικό εκατοστό.

Καθώς το PCM μπορεί να απορροφά ενέργεια (θερμότητα), χωρίς το μέσο αυτό καθαυτό να θερμαίνεται, δύναται να απορροφήσει μεγάλα ποσά θερμότητας, που χρησιμοποιεί για να ρευστοποιήσει την παραφίνη, διατηρώντας με τον τρόπο αυτό δροσερό τον εσωτερικό χώρο του κτηρίου.

Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, λιώνει το κέρινο περιεχόμενο των μικρο - καψουλών μεταβάλλοντας τη φάση της παραφίνης, από στερεή σε υγρή. Η ίδια αρχή λειτουργεί και ανάδρομα. Δηλαδή, χώροι οι οποίοι ψύχονται διατηρούν την θερμοκρασία τους υψηλή, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς η λιωμένη παραφίνη, σταδιακά σκληραίνει πριν χάσει την θερμότητα της. Το θερμικό επίπεδο των υλικών παραμένει σταθερό.

Το ποσό της ενέργειας που κατακρατείται ή απελευθερώνεται είναι αρκετό, ώστε μια μικρή ποσότητα υλικού να εμφανίζει τεράστια θερμική χωρητικότητα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτηρίων να μπορεί να ρυθμίζεται. Κατά την αλλαγή φάσης, η θερμότητα παραμένει σε λανθάνουσα μορφή, για όσο χρειάζεται για την μεταβολή από την μία φυσική κατάσταση στην άλλη.

Στην διάρκεια αυτής της διαδικασίας, το υλικό (PCM), απορροφά ένα συγκεκριμένο ποσό θερμότητας, που ισούται με το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για να λιώσει η παραφίνη. Αντί να αυξάνει η θερμοκρασία της παραφίνης παραμένει σταθερή. Η διαδικασία λειτουργεί σύμφωνα με την ίδια αρχή και ανάστροφα. Κατά την μεταβολή των φάσεων τα PCMs αποθηκεύουν είτε θερμότητα, είτε ψύχος (free - cooling principal).

Έτσι η ενέργεια αποθηκεύεται λανθάνουσα μορφή, όταν το υλικό αλλάζει από μία φυσική κατάσταση σε μια άλλη, είτε από στερεό σε υγρό, είτε από υγρό σε αέριο. Η λανθάνουσα θερμότητα ή ψυχρότητα, η οποία αποθηκεύεται με την μορφή αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για ρύθμιση της θερμοκρασίας.

Στα υλικά αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, η προκαθορισμένη θερμοκρασία μεταβολής, στην οποία αλλάζει η φάση από την μία φυσική κατάσταση στην άλλη, είναι οι 25° C, καθώς πάνω από την οποία η θερμοκρασία του δωματίου θεωρείται ζεστή. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται, για την ρύθμιση αύξησης θερμοκρασίας κατά 5° C, απαιτείται πάχος 1 χιλιοστόμετρου από υλικό μεταβαλλόμενης φάσης, σε αντίθεση με το τσιμέντο, όπου χρειάζεται πάχος 10 έως 40 χιλιοστομέτρων. Το PCM έχει πολύ μεγαλύτερη θερμική χωρητικότητα, καθώς ένας τοίχος από σκυρόδεμα, θερμαίνεται πολύ πιο γρήγορα, ενώ η θερμοκρασία του πρώτου παραμένει σταθερή. Τα PCMs σε διαφορετικές θερμοκρασίες μεταβολής ώστε να βρίσκουν διαφορετικές περιοχές εφαρμογής. Σε τομείς πέραν των κατασκευών η θερμοκρασία μεταβολής των υλικών αυτών κυμαίνεται από αρνητικές τιμές, έως και 100°C.

Σήμερα τα PCMs διατίθενται ως πρόσθετα τα οποία μπορούν να εισαχθούν στα συνήθη κατασκευαστικά υλικά όπως σοβάδες, γυψοσανίδες, αεριούχα τεμάχια σκυροδέματος, με συγκεκριμένες συνθήκες διατήρησης στο εσωτερικό τους. Τα δύο πρώτα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ρυθμιστές της θερμοκρασίας σε εσωτερικούς χώρους, ενώ τα τελευταία σε αρχικά στάδια κατασκευής κτηρίων. Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός, ότι τα υλικά πρέπει να εκτεθούν σε θέρμανση πριν την χρήση τους. Για παράδειγμα, δεν έχει νόημα μονωθεί εσωτερικά ένα μέρος τοίχου από αεριούχο σκυρόδεμα, καθώς κάτι τέτοιο θα απομειώσει την αποτελεσματικότητα του τελευταίου. Από την πλευρά πυρασφάλειας, πρέπει να τονιστεί ότι η παραφίνη, με την μορφή που χρησιμοποιείται στα PCMs είναι εύφλεκτη, για αυτό και τα τελευταία δεν ενδείκνυνται ως υλικά πυρασφάλειας.

Όταν βρίσκονται σε επαφή με άλλα παραφινικής βάσης κατασκευαστικά υλικά, τα PCMs δεν προκαλούν χημικές αντιδράσεις, όπως για παράδειγμα διάβρωση. Επιπλέον, λόγω του μικρού τους μεγέθους, τα σφαιρίδια του PCM που περιέχονται σε υλικά, εμφανίζουν ιδιαίτερα υψηλή αντοχή στη φθορά (damage.), καθώς τέτοια υλικά μπορούν να επεξεργαστούν, χωρίς να καταστραφεί ο μηχανισμός ρύθμισης της θερμοκρασίας.

Κατά τη χρήση των υλικών αυτών, σε κλειστά συστήματα, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι παράλληλα με την αλλαγή φάσης, λαμβάνει χώρα και μεταβολή του όγκου του υλικού. Τα υλικά που εμπεριέχουν PCM, πρέπει να έχουν πολύ καλή θερμική αγωγιμότητα ώστε να διασφαλίζεται η ταχύτερη μεταφορά θερμότητας από και προς το PCM. Η παραφίνη έχει σχετικά μικρή θερμική αγωγιμότητα, μειονέκτημα που αντισταθμίζεται όμως από την υψηλή αντιδραστικότητα που εμφανίζει λόγω της μεγάλης επιφάνειας των μορίων της. Η θερμική χωρητικότητα των PCM πρέπει να παραμένει σταθερή με την πάροδο του χρόνου.

Εκτός του πλεονεκτήματος που έχουν τα PCM, να διατηρούν την ενέργεια μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη, τα PCMs είναι ανακυκλώσιμα και βιοδιασπώμενα. Τα PCMs βρίσκουν εφαρμογή στις κατασκευές καθώς μειώνουν το κόστος κλιματισμού και σε κάποιες περιπτώσεις καθιστούν περιττή την εγκατάσταση του, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην μείωση των εκπομπών CO₂. Τα συστήματα αποθήκευσης λανθάνουσας θερμότητας, χρησιμοποιούνται είδη επιτυχώς σε ψυγεία για την μεταφορά ευαίσθητων υλικών, σε εξωτερικές επικαλύψεις, ως συστατικά κρεμών και περιτυλίγματα τροφίμων.



Εικόνα 3. 17: Ταβάνι με διάταξη που έχει ως βάση νανο- κάψουλες παραφίνης, οι οποίες αλλάζουν από τη στερεά στην υγρή φάση, καθώς την ημέρα υγροποιούνται από την ηλιακή ακτινοβολία και το βράδυ αποδίδουν τη θερμότητα.

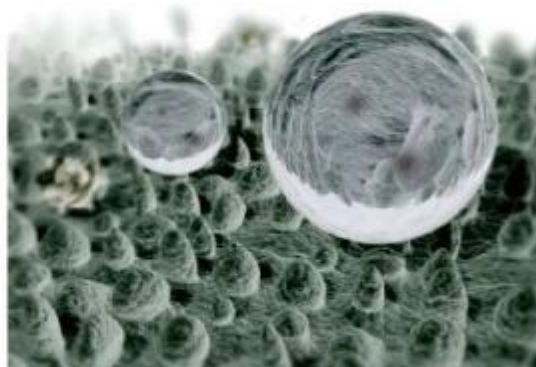
3.7 Αυτοκαθαρισμός

3.7.1 Αυτοκαθαρισμός - «φαινόμενο του λωτού»

Πρόκειται για μία από τις πιο γνωστές μεθόδους σχεδιασμού επιφανειών με νανοϋλικά.. Η ονομασία «Φαινόμενο του Λωτού (Lotus - Effect)», οφείλεται στην υψηλή υδροφοβία που παρουσιάζουν τα φύλλα του λωτού .

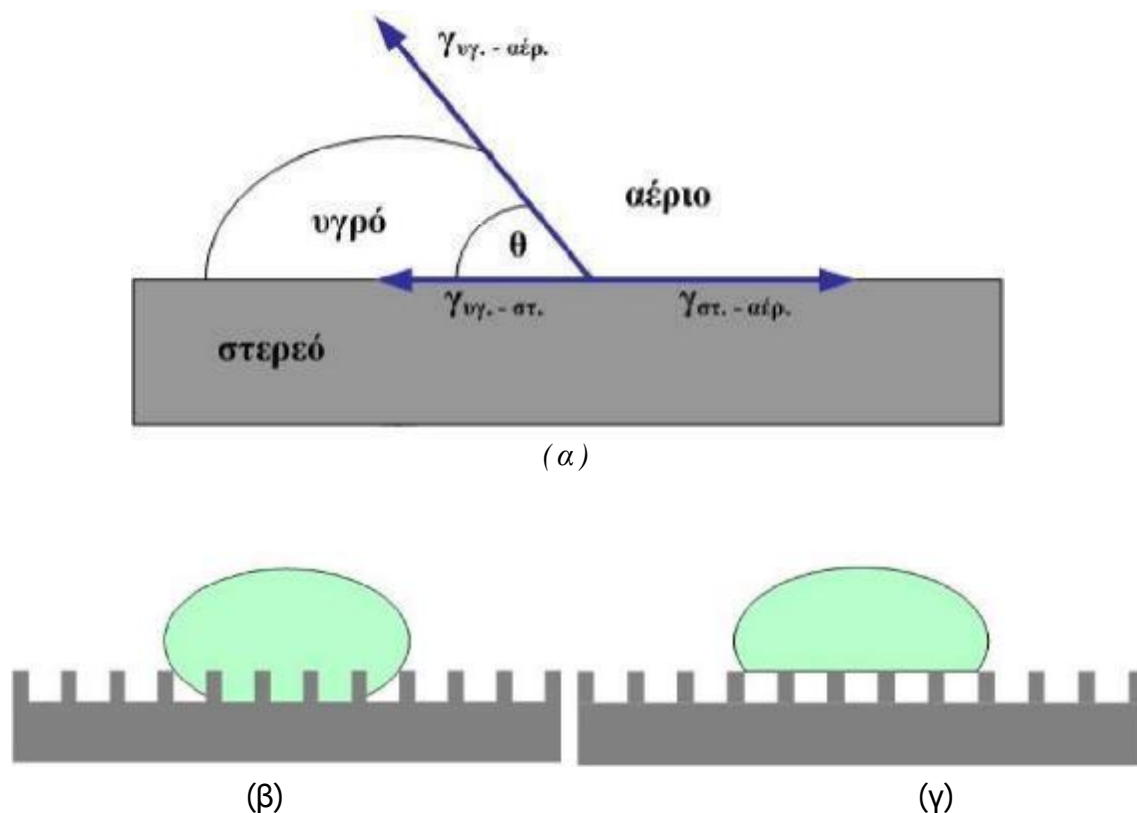


(α)



(β)

Εικόνα 3. 18: (α) Σταγόνες νερού σε φύλλα λωτού, (β) μικροδομή των φύλλων

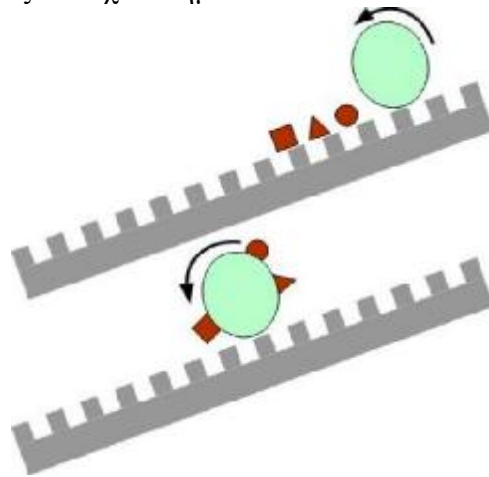


Εικόνα 3. 19: (α) δυνάμεις πρόσφυσης μεταξύ στερεού - υγρού - αέριου, (β) σταγόνα υγρού σε υδρόφιλη επιφάνεια (γ) σταγόνα υγρού σε υδρόφοβη επιφάνεια.

Τα σωματίδια της σκόνης που εμφανίζονται σε αυτά, παρασύρονται από σταγόνες νερού λόγω μιας ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής που ελαχιστοποιεί τις δυνάμεις πρόσφυσης. Λόγω της μεγάλης επιφανειακής τάσης που έχουν, οι σταγόνες του νερού, ελαχιστοποιούν την επιφάνεια τους, τείνοντας προς ένα σφαιρικό σχήμα. Στην επαφή τους, με την επιφάνεια του φυτού, οι δυνάμεις προσρόφησης, προκαλούν ολική ή μερική διαβροχή της ανάλογα με τη δομή της επιφάνειας και την ρευστότητα της σταγόνας. Η υδροφοβία, μειώνει σημαντικά τόσο την περιοχή επαφής όσο και τις δυνάμεις προσρόφησης μεταξύ ρευστού και στερεού και ενεργοποιεί κατά αυτόν τον τρόπο την διαδικασία αυτοκαθαρισμού. Η υδροφοβία, είναι ανάλογη της γωνίας επαφής.

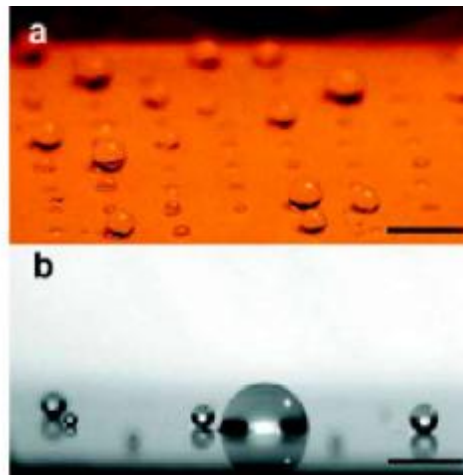
Οι υτοκαθαριζόμενες επιφάνειες άρχισαν να μελετώνται το 1970, οπότε και παρατηρήθηκε το φαινόμενο στα φύλλα διαφόρων φυτών. Η υδροφοβία που παρουσίαζαν ενισχύθηκε με την προσθήκη κεριού, ενός επίσης υδρόφοβου υλικού. Έχει παρατηρηθεί, ότι κάποια ρευστά, κυρίως απορρυπαντικά, μειώνουν την παραπάνω ιδιότητα. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη μέθοδος αυτοκαθαρισμού δεν ενδείκνεται για επιφάνειες που έρχονται σε συνεχή επαφή με τέτοια υγρά (διαβροχή της επιφάνειας με νερό, την επαναφέρει στην αρχική κατάσταση).

Οι τεχνητές επιφάνειες, που εμφανίζουν το φαινόμενο του λωτού, παρουσιάζουν πολύ καλές ιδιότητες αυτοκαθαρισμού, όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα. Το «φαινόμενο του λωτού», έχει πολύ καλά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται σε επιφάνειες που έρχονται σε συχνή επαφή με νερό. Όταν η ποσότητα του νερού που έρχεται σε επαφή είναι μικρή, δημιουργούνται ίχνη ροής αυτού και η επιφάνεια μοιάζει να είναι σε χειρότερη κατάσταση από την αρχική. Η χρήση τέτοιων επιφανειών σε περιοχές που δεν έρχονται καθόλου σε επαφή με το νερό, προφανώς δεν έχει νόημα.



Εικόνα 3. 20: Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου αυτοκαθαρισμού υδρόφοβων επιφανειών.

Προς το παρόν τέτοιες επιφάνειες δεν χρησιμοποιούνται σε πατώματα, καθώς δεν παρουσιάζουν μεγάλη μηχανική αντοχή. Επίσης δεν είναι κατάλληλες ούτε και για υφάσματα καθώς η καταπόνηση που προκαλείται κατά το πλύσιμο, μειώνει σε σημαντικό βαθμό την υδρόβοφη συμπεριφορά του υλικού. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις το «φαινόμενο του λωτού» διαρκεί για αρκετά χρόνια. Γενικά στο σύνολο των περιπτώσεων, όπου επιφάνειες δεν υπόκεινται σε μηχανική καταπόνηση, το φαινόμενο περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες για καθαρισμό, ενώ επιφάνειες που βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το νερό παραμένουν μόνιμα καθαρές.



Εικόνα 3. 21 & Εικόνα 3. 22: Το φαινόμενο του λωτού, πάνω σε εξωτερικές επιφάνειες, με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας

3.7.2 Το φαινόμενο της Φωτοκατάλυσης

Ο αυτοκαθαρισμός με φωτοκατάλυση είναι ίσως η πιο διαδεδομένη εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στις κατασκευές. Υπάρχει, σήμερα ένα πλήθος από κτήρια στον κόσμο στα οποία έχει βρει εφαρμογή η φωτοκατάλυση, καθώς περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την έκταση των ρύπων που προσκολλώνται στις επιφάνειες.

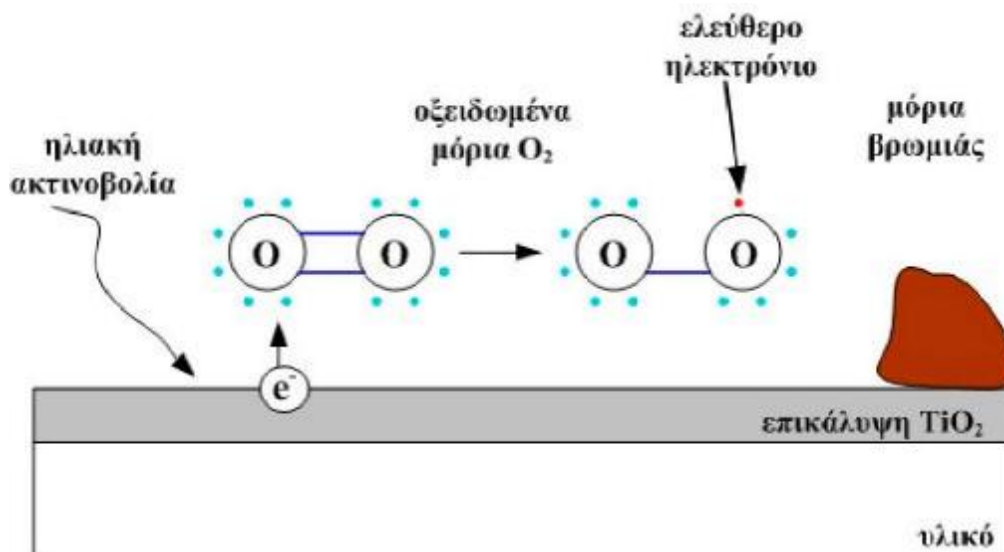
Πρέπει να σημειωθεί, πως η λέξη αυτοκαθαρισμός δεν χρησιμοποιείται με την ακριβή σημασία της, δεν έχει δηλαδή την έννοια ότι η επιφάνεια καθαρίζεται από μόνη της, αλλά ότι περιορίζεται η έκταση των ρύπων και η συχνότητα καθαρισμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα απορρυπαντικών, που συνεπάγεται λιγότερη μόλυνση για το περιβάλλον και μείωση του κόστους της διαδικασίας καθαρισμού. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα, είναι ότι βελτιώνεται η διάδοση του φωτός, σε περιπτώσεις λεπτών και ημιδιαφανών μεμβρανών, καθώς το φως εμποδίζεται λιγότερο από σκόνη και ρύπους.

Για τη δημιουργία του φαινομένου, απαιτείται η ύπαρξη υπεριώδους φωτός, οξυγόνου και υγρασίας. Το επίπεδο του υπεριώδους φωτός, μιας συνηθισμένης ημέρας είναι αρκετό για να ενεργοποιήσει τη διαδικασία φωτοκατάλυσης. Οι οργανικοί ρύποι στην επιφάνεια ενός υλικού, αποσυντίθενται με την βοήθεια ενός καταλύτη, συνήθως διοξειδίου του τιτανίου (TiO_2). Οι μικροσκοπικές διαστάσεις του διοξειδίου του τιτανίου, το καθιστούν έναν ιδιαίτερα ενεργό καταλύτη, που επιταχύνει σε μεγάλο βαθμό την αποσύνθεση με το πλεονέκτημα ότι δεν καταναλώνεται αυξάνοντας την αντοχή του φαινομένου στο χρόνο. Το διοξείδιο του τιτανίου, ανακαλύφθηκε το 1908 και είναι γνωστό λευκό τιτάνιο. Σε διαστάσεις νανοκλίμακας, αντί για λευκό εμφανίζεται διαφανές.

Εκτός του καταλύτη, για να λάβει χώρα η αντίδραση, είναι απαραίτητο το μήκος κύματος της υπεριώδους συνιστώσας του φωτός, να είναι μικρότερο από 390 νανόμετρα. Το ίδιο σημαντική είναι και η ένταση της συνιστώσας αυτής. Για το λόγο αυτό οι φωτοκαταλυτικές αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε εξωτερικούς χώρους, όπου η επαφή με το ηλιακό φως είναι άμεση.

Οι υδρόφιλες ιδιότητες του διοξειδίου του τιτανίου ανακαλύφθηκαν πολύ αργότερα. Λόγω της αυξημένης επιφανειακής ενέργειας τέτοιες επιφάνειες είναι υδρόφιλες, που σημαίνει ότι το νερό απομακρύνεται από οποιαδήποτε κεκλιμένη επιφάνεια υπό τη μορφή λεπτού στρώματος και όχι σαν σταγόνες. Σε αντίθεση με επιφάνειες που εμφανίζουν το «φαινόμενο του λωτού», οι αυτοκαθαριζόμενες φωτοκαταλυτικές επιφάνειες, είναι διάφανες και μπορούν να προσαρμοστούν σε τζάμια χωρίς να είναι εμφανείς. Μπορούν να τοποθετηθούν σε γυάλινες ή κεραμικές επιφάνειες, ή και σε μεμβράνες. Καθώς για την λειτουργία του αυτοκαθαρισμού είναι απαραίτητη η ροή νερού, πρέπει οι στέγες ή το γείσο αυτών, να κατασκευάζονται κατά τρόπο τέτοιο, ώστε να μην εμποδίζουν τη φυσική ροή του πάνω στις επιφάνειες αυτές. Είναι επίσης απαραίτητο, να μην χρησιμοποιούνται στεγανωτικά που έχουν σαν βάση τη σιλικόνη, καθώς τα έλαια που εμπεριέχουν, μεταφέρονται στο γυαλί και το καθιστούν υδρόφοβο. Για τον ίδιο λόγο, πρέπει να αποφεύγεται και η επαφή με απορρυπαντικά.

Η παραγωγή αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών με την μέθοδο της φωτοκατάλυσης ξεκίνησε στην Ιαπωνία, όπου το 1967 ανακαλύφθηκαν οι φωτοκαταλυτικές ιδιότητες του διοξειδίου του τιτανίου. Το 1994 έκαναν την εμφάνιση τους στην αγορά, τα πρώτα φωτοκαταλυτικά πλακίδια, επίσης στην Ιαπωνία.



Εικόνα 3. 23: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας φωτοκατάλυσης

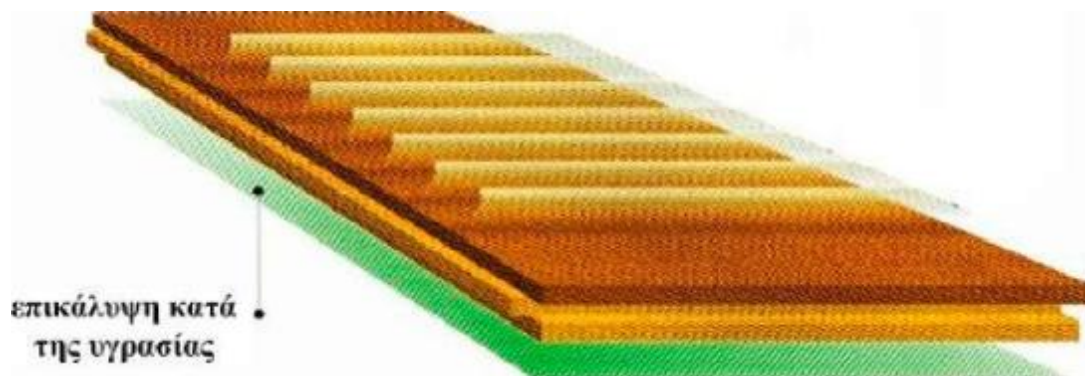
Σήμερα οικονομικά συμφέρουσα, είναι μόνο η μαζική παραγωγή γυαλιού, καθώς οι επικαλύψεις γίνονται σε εργοστάσια, χρησιμοποιώντας μια τεχνική επικάλυψης με κενό, κατά την οποία η τελευταία ψεκάζεται στο υλικό υπό μορφή ατμών. Τέτοιες επικαλύψεις δεν επιδέχονται τροποποιήσεις. Το γεγονός αυτό όμως δεν περιορίζει την χρήση τους μόνο σε μεγάλα κτήρια, αλλά μπορούν εξίσου εύκολα να τοποθετηθούν σε θερμοκήπια, ή ακόμα και σε εθνικές οδούς ως ηχομονωτικά. Το φωτοκαταλυτικό γυαλί, δύναται επίσης να συνδυαστεί με γυαλί ηλιοπροστασίας. Πέρα από την ιδιότητα του αυτοκαθαρισμού, η φωτοκατάλυση βρίσκει εφαρμογή για τον καθαρισμό του αέρα, του νερού και προσφέρει επιπλέον αντιμικροβιακή προστασία.

Μια επίσης ενδιαφέρουσα εφαρμογή, η οποία όμως είναι ακόμα σε στάδιο έρευνας είναι η εκμετάλλευση της εξάτμισης του νερού, ως μέσω ψύξης. Στην οροφή, τα τοιχώματα και παράθυρα ενός κτηρίου έγινε επικάλυψη με διοξείδιο του τιτανίου και παροχετεύθηκε συνεχές ρεύμα νερού. Λόγω της υδρόφοβης ιδιότητας των επιφανειών, το νερό σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα, που εξατμίζεται γρήγορα, απορροφώντας κατά την διαδικασία εξάτμισης θερμότητα και μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την εσωτερική θερμοκρασία του κτηρίου. Οι πρώτες προβλέψεις δίνουν, πιθανή μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται με χρήση κλιματιστικών κατά 10 με 20 τοις εκατό.

3.8 Εφαρμογές κατά της υγρασίας

Μόλις η υγρασία συγκεντρώνεται και κατακάθεται στις διάφορες επιφάνειες, δημιουργεί πολλά μικρά σταγονίδια που συνδυάζονται μεταξύ τους και τελικά σκεπάζουν την επιφάνεια. Η συγκέντρωση αυτών των σταγονιδίων υγρασίας σε έναν καθρέφτη, για παράδειγμα, τον καθιστά μη εργονομικό. Ένας τρόπος για να διατηρηθεί μια καθαρή εικόνα, είναι θερμάνει κάποιος συνεχώς τον καθρέφτη, έτσι ώστε η υγρασία να εξατμιστεί, πράγμα που απαιτεί όμως την συνεχή κατανάλωση ενέργειας.

Λόγω της νανοτεχνολογίας, είναι πλέον δυνατή μια μόνιμα καθαρή εικόνα χωρίς τη συνεχή χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Η λύση είναι μια εξαιρετικά λεπτή επικάλυψη με διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2), ένα υλικό το οποίο εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλή επιφανειακή ενέργεια και επομένως ασκεί μεγαλύτερη έλξη στην υγρασία. Στις υδρόφιλες επιφάνειες η υγρασία σχηματίζει ένα εξαιρετικά λεπτό στρώμα αντί για σταγονίδια. Εγκαθίσταται στην επιφάνεια και παραμένει αόρατη. Αυτό το εξαιρετικά λεπτό στρώμα υγρασίας προσδίδει στην επιφάνεια μία θολή απόχρωση.



Εικόνα 3. 24: Νανοεπικάλυψη διοξειδίου του τιτανίου.

Οι καθρέφτες λουτρών είναι προφανώς, υποψήφιες επιφάνειες για τέτοιου είδους επικαλύψεις, όπως επίσης και όλες οι γυάλινες επιφάνειες σε κλιματιζόμενα δωμάτια, οι οποίες θολώνουν, μόλις υπαίθρια ρεύματα αέρα σε ένα δωμάτιο. Επικαλύψεις κατά της υγρασίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σε πλαστικά.

Μια άλλη μέθοδος έχει ανακαλυφθεί από ερευνητές, και μία παρόμοια επικάλυψη έχει επίσης επινοηθεί. Πρόκειται για ένα γυαλί, νανοπορώδους επικάλυψης, το οποίο είναι κατασκευασμένο από διάφορα στρώματα νανομορίων, που περιέχουν μικρές τρύπες. Η επιφάνεια μοιάζει επίπεδη με γυμνό μάτι, αλλά είναι στην πραγματικότητα πρόκειται για μια ιδιαίτερα υδρόφιλη επιφάνεια. Η υγρασία απορροφάται από τους μικροσκοπικούς πόρους, εμποδίζοντας με τον τρόπο αυτό, την δημιουργία σταγονιδίων νερού. Αντίθετα, δημιουργείται ένα λεπτό και αόρατο στρώμα νερού και η επιφάνεια παραμένει διαφανής.

Οι ψεकाσμοί κατά της υγρασίας είναι αποτελεσματικοί μόνο ως προσωρινά μέσα, καθώς βοηθούν τις επιφάνειες να μοιάζουν διαφανείς, αλλά για μικρό χρονικό διάστημα. Περισσότεροι τομείς εφαρμογής, για τις επιφάνειες κατά της υγρασίας, αναπτύσσονται σήμερα αλλά δεν είναι ακόμα έτοιμοι για την αγορά.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι καμία από τις διάφορες μορφές των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά της υγρασίας δεν σταματά την υγροποίηση. Αντί αυτού, τα υλικά παραμένουν διαφανή και για το λόγο αυτό, η υγρασία φαίνεται να μην υπάρχει. Έτσι τα είδωλα στους καθρέφτες ή τα τζάμια, φαίνονται ξεκάθαρα πάντα, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για θέρμανση ή σκούπισμα. του υλικού.

3.9 Εφαρμογές κατά των δακτυλικών αποτυπωμάτων

Ο χάλυβας και το γυαλί είναι πολύ δημοφιλή υλικά στην αρχιτεκτονική και τις κατασκευές αλλά, όταν χρησιμοποιούνται στην αρχιτεκτονική εσωτερικών χώρων, έχουν το μεγάλο μειονέκτημα, τα σημάδια που αφήνουν τα ανθρώπινα χέρια κατά την επαφή τους με αυτά εμφανίζονται πολύ έντονα. Τα υλικά που είναι, ευπρόσιτα αγγίζονται συχνά, είτε συνήθως επειδή έχουν μια σχετική λειτουργία, είτε επειδή απλώς βρίσκονται εκεί. Οι επικαλύψεις κατά των αποτυπωμάτων, αποτελούν μια ευεργετική λύση για τέτοιου τύπου προβλήματα.

Ο χάλυβας καθώς και οι γυάλινες επιφάνειες, επηρεάζονται ιδιαίτερα από την επαναλαμβανόμενη επαφή. Η αίσθηση της καθαρότητας, η οποία είναι επιθυμητή είτε για αισθητικούς είτε λόγους υγιεινής, χάνεται όταν οι επιφάνειες αυτές καλύπτονται δακτυλικά αποτυπώματα. Οι επικαλύψεις κατά των δακτυλικών αποτυπωμάτων προσφέρουν μια κατάλληλη λύση για το πρόβλημα αυτό ενώ σε κάποιες περιπτώσεις τέτοια υλικά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν εξαρχής. Με τη βοήθεια αυτών των επικαλύψεων τα σημάδια από τα δακτυλικά αποτυπώματα γίνονται σχεδόν αόρατα. Στην πραγματικότητα τα δακτυλικά αποτυπώματα βρίσκονται ακόμα εκεί αλλά εξαιτίας της νανοεπικάλυψης είναι πρακτικά ανεπαίσθητα. Η επικάλυψη μεταβάλλει τη διάθλαση του φωτός με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, που το κάνει και το ίδιο το δακτυλικό αποτύπωμα, έτσι ώστε τα νέα δακτυλικά αποτυπώματα να έχουν ελάχιστη επίδραση στην εμφάνιση του υλικού. Είναι δυνατό, θεωρηθεί η επικάλυψη ως ένα είδος διευρυμένου δακτυλικού αποτυπώματος. Η αντανάκλαση του φωτός στην επικάλυψη κάνει τις γυάλινες ή χαλύβδινες επιφάνειες να εμφανίζονται πιο ομαλές, δίνοντας την αίσθηση της καθαρότητας. Με μια πιο προσεκτική εξέταση, είναι δυνατό να φανούν τα ίχνη των δακτυλικών αποτυπωμάτων, αλλά σε σύγκριση με τις κανονικές, χωρίς επικαλύψεις επιφάνειες δηλαδή, η βελτίωση είναι εντυπωσιακή.

Οι επικαλύψεις είναι εξαιρετικά λεπτές, με αποτέλεσμα ο χάλυβας που έχει «ντυθεί» με αυτές, να μπορεί να καμφθεί σε οποιαδήποτε επιθυμητή μορφή χωρίς η επικάλυψη σπάσει ή να σκιστεί και να καταστραφεί. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την παραγωγή των εκάστοτε ιδιαίτερων αρχιτεκτονικών λεπτομερειών, καθώς οι επικαλύψεις χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές όπως οι ανελκυστήρες, οι επενδύσεις και τα έπιπλα.

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας το γυαλί έχει γίνει ένα ιδιαίτερα δημοφιλές υλικό στο σχεδιασμό εσωτερικών χώρων. Τα ημιδιαφανή υλικά είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για τον σχεδιασμό πορτών, χωρισμάτων και επίπλων. Παρόλα αυτά η πλευρά του γυαλιού που έχει υποστεί αμμοβολή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στα δακτυλικά αποτυπώματα.

Επικαλύψεις πυριτίου, χρησιμοποιούνται συνήθως σε επιφάνειες όπου θεωρείται αναγκαία η προστασία τους από αυτά. Δυστυχώς, όταν τέτοιες επιφάνειες καθαρίζονται, αποκτούν μια χαρακτηριστική θολή όψη.

Οι νανοεπικαλύψεις κατά των δακτυλικών αποτυπωμάτων, δεν έχουν τα μειονεκτήματα αυτών του πυριτίου, και εξασφαλίζουν τη μόνιμη οπτική καθαρότητα του γυαλιού. Οι επικαλύψεις, όχι μόνο μειώνουν τον αντίκτυπο των δακτυλικών αποτυπωμάτων αλλά και της σκόνης, η οποία σε λείες επιφάνειες μπορεί να απομακρυνθεί αλλά όταν πρόκειται για γυαλί αμμοβολής γίνεται πιο σκληρή και δύσκολη να απομακρυνθεί. Σήμερα οι επικαλύψεις αυτές δεν είναι εξ ολοκλήρου διαφανείς και για το λόγο αυτό τέτοιοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα σε εντελώς διάφανο γυαλί.

Οι νανοεπικαλύψεις επιπλέον βοηθούν και στην μείωση των δαπανών καθαρισμού. Επίσης είναι αποτελεσματικές και για μικρότερες επιφάνειες, όπου ο καθαρισμός μπορεί να γίνει ιδιαίτερα χρονοβόρος. Χαρακτηριστικά προβληματικά σημεία, όπως οι επιφάνειες γύρω από πόμολα, χερούλια κλπ., παραμένουν καθαρά και φαίνονται όταν τοποθετήθηκαν για πρώτη φορά.

Μια πιο πρόσφατη καινοτομία, είναι μια επικάλυψη κατά της επαφής που έχει επιπλέον την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για το χρωματισμό ματ γυαλιού. Το χρωματισμένο ματ γυαλί κατασκευάζεται συνήθως, χρησιμοποιώντας χρωματιστό γυαλί, ή χρωματισμένα φύλλα αλουμινίου και είναι συγκριτικά ακριβό. Μια φτηνότερη επιλογή είναι να χρησιμοποιηθεί ένα χρωματιστό «αυτοκόλλητο», αλλά δυστυχώς το αποτέλεσμα δεν παρουσιάζει την απαιτούμενη ποιότητα.

Μια νέα, αλλά και οικονομικώς αποδοτική επιλογή είναι η χρήση μιας χρωματιστής νανοεπικάλυψης κατά των αποτυπωμάτων σε γυαλιά αμμοβολής. Η ένταση του χρώματος εξαρτάται από την τραχύτητα του γυαλιού και από την γωνία παρατήρησης. Η ποικιλία χρωμάτων, σήμερα είναι δυστυχώς περιορισμένη ακόμα, με την απουσία βασικών χρωμάτων. Τα χρώματα παραμένουν έντονα κατά την έκθεση στο υπεριώδες φως και δεν ξεθωριάζουν. Ένα σημαντικό θέμα εδώ, είναι η αντίσταση στις γρατζουνιές, η οποία πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά ανάλογα με το μέρος που πρόκειται να τοποθετηθεί η επικάλυψη.

Οι επικαλύψεις κατά των δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι χρήσιμες για επιφάνειες και αντικείμενα από ανοξείδωτο ατσάλι και γυαλί, οπουδήποτε κάποιο από αυτά αγγιχθεί δηλ. αντικείμενα που είναι εύκολα στην πρόσβαση. Οι νανοεπικαλύψεις επιτρέπουν στο γυαλί και το χάλυβα για να χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους, χωρίς να καταστρέφεται η όψη τους από αποτυπώματα και περιορίζοντας την συχνότητα καθαρισμού τους.

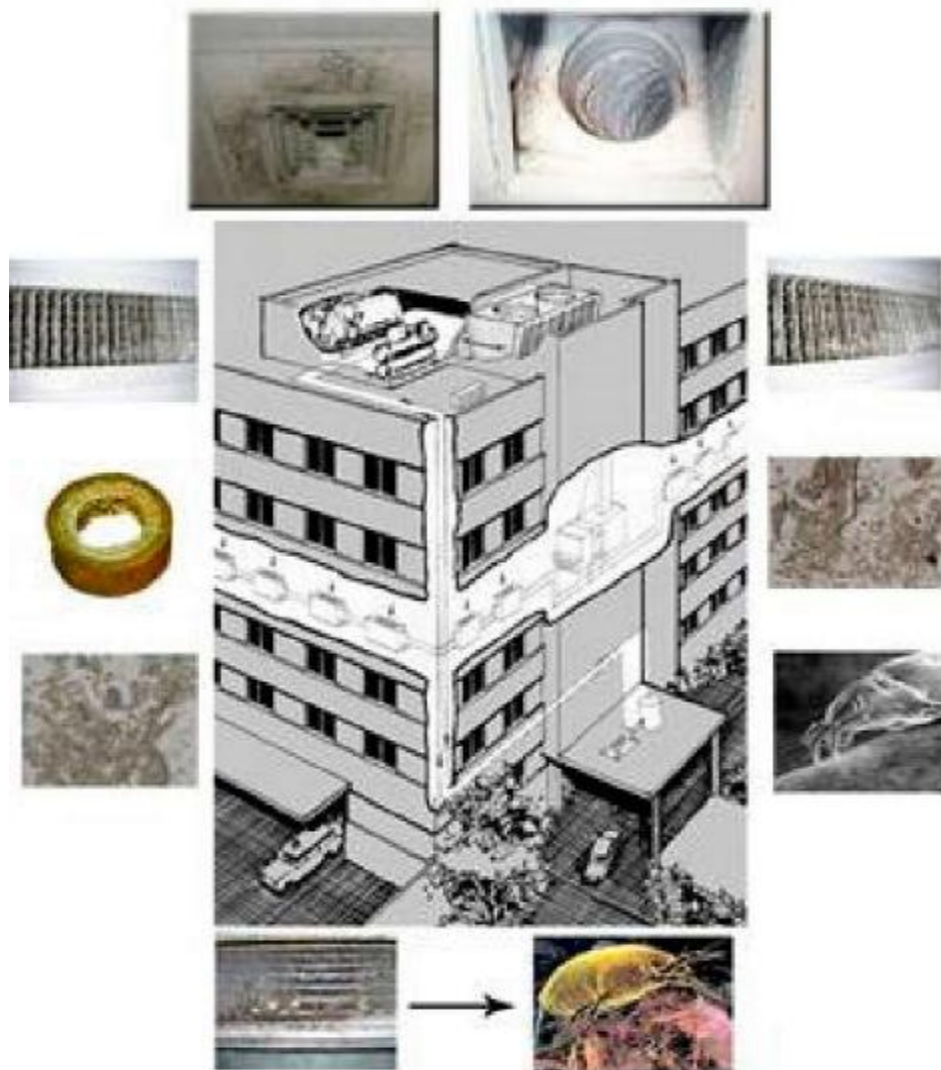
3.10 Καθαρισμός του αέρα

Τα νανοϋλικά, παρά το γεγονός ότι δεν μπορούν να καθαρίσουν εντελώς τον αέρα, μπορούν όμως να βελτιώσουν αρκετά την ποιότητα του, καθώς εξαλείφουν δυσάρεστες οσμές και ρύπους. Αρχικά, αναπτύχθηκαν για την αντιμετώπιση της μόλυνσης του αέρα σε εξωτερικούς χώρους και αργότερα βρήκαν εφαρμογή και εσωτερικά.

3.10.1.1 Εφαρμογές σε εσωτερικούς χώρους

Η ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους είναι ιδιαίτερα σημαντική, κυρίως στις αναπτυγμένες χώρες, όπου οι άνθρωποι περνούν ένα μεγάλο μέρος του χρόνου τους στο σπίτι. Ο πιο συνήθης τρόπος αντιμετώπισης της δυσοσμίας σήμερα είναι ο αερισμός του κτιρίου ή η χρήση αποσμητικών χώρου. Η νανοτεχνολογία, έρχεται σήμερα να δώσει λύση και εδώ, διασπώντας χημικά τα μόρια των οσμών σε υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα.

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση του «συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου». Ο όρος «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» χρησιμοποιείται για να εκφράσει την κακή κατάσταση της υγείας τουλάχιστον του 50% των ενοίκων, η οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα ενοχλήματα που αποδίδονται αποκλειστικά και μόνο στην εσωτερική ρύπανση του αέρα του κτιρίου. Οι βλαπτικοί παράγοντες που ευθύνονται για την εσωτερική ρύπανση ενός άρρωστου κτιρίου είναι η φορμαλδεΐδη (HCHO), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO-NO₂) κ.α. Η επιφάνεια που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του αέρα, θα πρέπει να έχει μέγεθος ανάλογο του όγκου του προς καθαρισμό χώρου και να μην περιορίζεται από άλλα αντικείμενα, έπιπλα κλπ. Για διαδικασίες που στηρίζονται στην οξειδωτική κατάλυση, η καθημερινή ποσότητα αέρα είναι αρκετή. Για διαδικασίες όμως που βασίζονται στη φωτοκατάλυση, η οποία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό του αέρα, απαιτείται εκτεταμένη έκθεση σε φως και για το λόγο αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα στο σχεδιασμό του χώρου. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της καταλυτικής διαδικασίας είναι ότι η δράση των νανο-υλικών, δεν εξασθενεί με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 3. 25 & Εικόνα 3. 26: Παραδείγματα κατασκευών που πάσχουν από το <<σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου>>.

Η ίδια αρχή βρίσκει εφαρμογή για ουσίες όπως η νικοτίνη και η φορμαλδεΐδη, των οποίων τα μόρια μπορούν επίσης να σπάσουν και να φιλτραριστούν. Σε αντίθεση με άλλες ουσίες, όπως το ασβέστη, η φορμαλδεΐδη δεν προϋπάρχει στο κτήριο, αλλά είναι ουσία που τις περισσότερες των περιπτώσεων εμφανίζεται κατά τη διάρκεια κατοίκησης.

Είναι προφανές ότι η διαδικασία φιλτραρίσματος του αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο κατά τη δόμηση ενός κτηρίου όσο και πολύ αργότερα από αυτή, για την αποφυγή του «συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου». Η νικοτίνη είναι μια ακόμη ουσία που μπορεί να διασπαστεί με την χρήση νανοτεχνολογίας, ώστε σε πολλές περιπτώσεις να μην υπάρχει ανάγκη για κατασκευή διαφορετικών χώρων καπνιστών και μη - καπνιστών. Άλλες ουσίες που μπορούν να απομακρυνθούν με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας είναι η αμμωνία, η βενζίνη, οσμές από ψάρια κ.α.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι παρά το γεγονός πως βελτιώνεται η ποιότητα η ποιότητα του αέρα, αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι ο αέρας γίνεται «καλός», καθώς δεν πρέπει να παραβλέπεται η περιεκτικότητα σε οξυγόνο και η σχετική υγρασία, παράγοντες που επίσης επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα. Είναι λάθος να θεωρείται ότι η χρήση τέτοιων υλικών υποκαθιστά τον φυσικό αερισμό των κτηρίων. Ανεπαρκής αερισμός οδηγεί αναπόφευκτα, στην αύξηση της υγρασίας στο εσωτερικό του κτηρίου με αποτέλεσμα, την εμφάνιση μούχλας και άλλων σχετικών προβλημάτων. Η περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο είναι ένας επιπλέον παράγοντας που καθορίζει την ποιότητα του αέρα.

Τέλος ένας ακόμα λόγος που καθιστά αναγκαίο το φυσικό αερισμό των κτηρίων είναι η ανάγκη για απομάκρυνση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα. Παρόλα αυτά, οι επιφάνειες καθαρισμού του αέρα, βοηθούν στη βελτίωση της ποιότητας του τελευταίου ιδίως σε μέρη όπου είναι δύσκολος ή ακόμα και αδύνατος ο φυσικός αερισμός.

3.10.1.2 Εφαρμογές σε εξωτερικούς χώρους

Η περιβαλλοντική μόλυνση και η ποιότητα του αέρα στους εξωτερικούς χώρους, είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί για καιρό τους ερευνητές, ιδίως σε περιοχές όπου η δημόσια παιδεία και το αίσθημα οικολογία είναι ιδιαίτερα αυξημένο.

Το φωτοκαταλυτικό σκυρόδεμα, που έχει τη δυνατότητα καθαρισμού του αέρα, μπορεί να καταπολεμήσει συγκεκριμένους ρύπους. Σήμερα, χρησιμοποιούνται επικαλύψεις σε τοίχους κτηρίων και διαζώματα δρόμων και ταυτόχρονα μελετάται η επίδραση που έχουν οι επικαλύψεις στα καυσαέρια αυτοκινήτων και εργοστασίων. Φαίνεται ότι το φωτοκαταλυτικό αυτοκαθαριζόμενο σκυρόδεμα εμφανίζει ιδιότητες καθαρισμού του αέρα και χρησιμοποιείται για επιστρώσεις, σε δρόμους και μπογιές. Δυστυχώς όλα αυτά τα υλικά έχουν ακόμα ιδιαίτερα υψηλό κόστος.



Εικόνα 3. 27: Τοιχεία του αυτοκινητόδρομου κατασκευασμένα από φωτοκαταλυτικό σκυρόδεμα

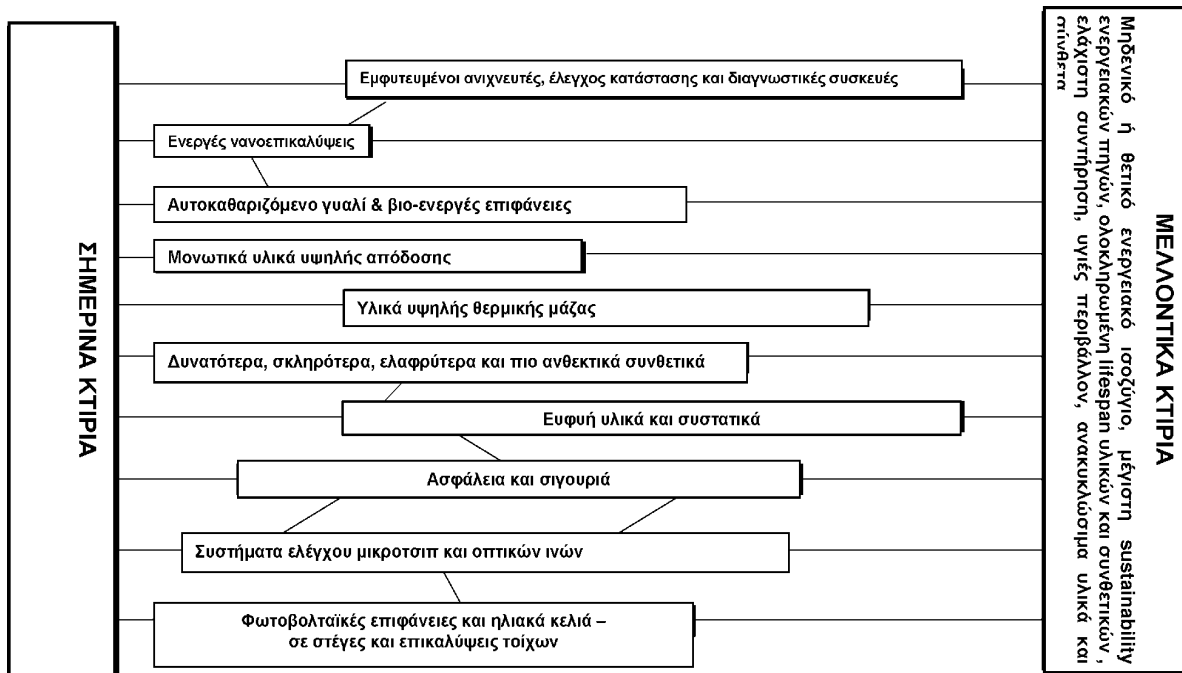
Όπως συμβαίνει και στη περίπτωση καθαρισμού του αέρα σε εσωτερικούς χώρους έτσι και εξωτερικά, τα μέτρα που λαμβάνονται μειώνουν μόλυνση, βελτιώνοντας με τον τρόπο αυτό την ποιότητα του αέρα, αλλά δεν αντιμετωπίζουν τα αίτια που την προκαλούν. Αυτό που μένει να ερευνηθεί, στην περίπτωση αυτή, όμως είναι κατά πόσο βελτιώνεται η ποιότητα του αέρα και αν τελικά αξίζει η χρησιμοποίηση νανοϋλικών για τον καθαρισμό του αέρα σε εξωτερικούς χώρους.

Όσον αφορά την μείωση των αέριων ρύπων, πρέπει κατά κύριο λόγο, να δοθεί σημασία στα αίτια που τους προκαλούν. Επειδή όμως, κατά πως φαίνεται, κάτι τέτοιο θα αργήσει να πραγματοποιηθεί, οι νανοεπιφάνειες καθαρισμού του αέρα, αποτελούν μια καλή λύση για το διάστημα αυτό.

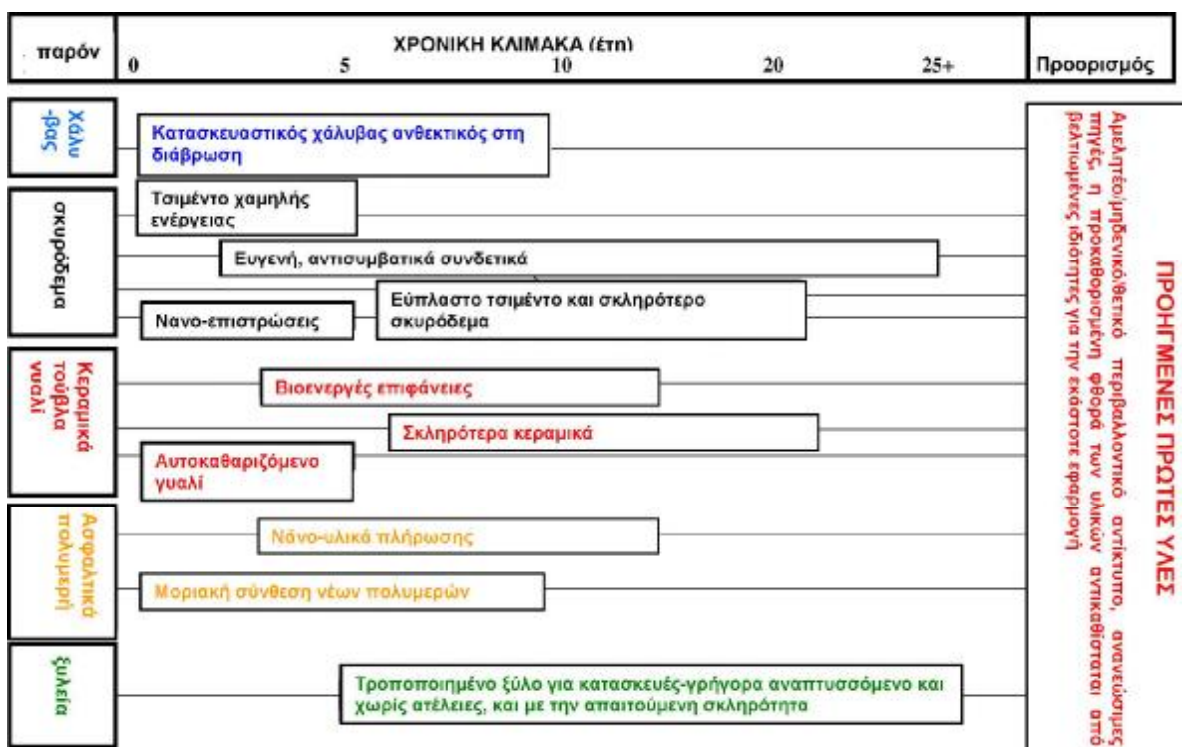
3.11 Χρονοδιάγραμμα

Παρακάτω, παρουσιάζονται δύο χρονοδιαγράμματα, που προβλέπουν μεσοπρόθεσμα την εξέλιξη της νανοτεχνολογίας όσον αφορά στον κατασκευαστικό τομέα.

Το διάγραμμα 3.1 αναφέρεται στην πρόοδο που αναμένεται να σημειωθεί με τη βοήθεια της νανοτεχνολογίας στις πρώτες ύλες, και το διάγραμμα 3.2 αναφέρεται στην εξέλιξη που θα έχουν τα κτίρια ως ολοκληρωμένοι οργανισμοί, αποτελούμενοι πλέον από νανο-υλικά, μεσα στα επόμενα χρόνια.



πίνακας 3. 1: Επίδραση της Νανοτεχνολογίας στις πρώτες ύλες των δομικών υλικών



πίνακας 3. 2: Εξέλιξη των κτιρίων με τη Νανοτεχνολογία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ. I-SSB – THE INTEGRATED SAFE & SMART BUILT CONCEPT

4.1 Γενικά

Το I-SSB (The Integrated Safe & Smart Built Concept) είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα που χρηματοδοτείται, εν μέρει από την Ευρωπαϊκή Ένωση και υπάγεται στο 6^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο - 6th Framework Programme - Priority III - NMP4. Άρχισε τον Ιανουάριο του 2007 και θα διαρκέσει για 4 έτη. Στο φιλόδοξο αυτό πρόγραμμα συμμετέχουν 22 εταιρεί (εικ. 4.1) από 11 ευρωπαϊκές χώρες, ενώ πρωταγωνιστικό ρόλο παίζει και η Ελλάδα, με συμμετοχή που φθάνει ποσοστιαία το 22% του προγράμματος (εικ. 4.2).



Εικόνα 4. 1: Εταίροι του ερευνητικού προγράμματος I - SSB.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Πανεπιστήμιο Πατρών, η εταιρεία Knauf Γυψοποιία ABEE και ο ΕΛΟΤ, συνεργάζονται με άλλες 18 εταιρείες και πανεπιστήμια για να κατασκευάσουν ένα πρότυπο, μικρού βάρους κτήριο συνδυάζοντας, γυψοσανίδες με «έξυπνα» χαλύβδινα πλαίσια.

Το πρόγραμμα αυτό, θα δώσει λύση και στο στεγαστικό πρόβλημα που δημιουργείται μετά από ένα σεισμό, ή άλλες μεγάλες καταστροφές. Σε τέτοιες περιπτώσεις δημιουργείται η ανάγκη για γρήγορες λύσεις (αφού σπίτια πρέπει να κατασκευαστούν σε χρονικό περιθώριο ημερών), η ανάγκη για ασφαλείς λύσεις (είναι ζήτημα αισθήματος ασφάλειας για τους χρήστες μετά από καταστροφές), αλλά και η ανάγκη για μόνιμες στεγαστικές λύσεις.

Το εγχείρημα του «έξυπνου σπιτιού» θα επιφέρει και αξιοσημείωτη βελτίωση στην κατασκευαστική ευστάθεια, εξοικονόμηση πρώτων υλών, ασφάλεια σε αντίξοες συνθήκες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρές κατασκευαστικές ζημιές, άνεση στους χρήστες μέσω των ελεγχόμενων εσωτερικών παραμέτρων, αλλά και ευελιξία όσον αφορά τις χωρικές απαιτήσεις.

Το σπίτι αυτό θα κατασκευαστεί μέχρι το 2010 στον Στάνο Αμφιλοχίας. Σκοπός του συγκεκριμένου προγράμματος είναι να καταστεί εφικτή η κατασκευή ενός κτηρίου σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, και ταυτόχρονα να ικανοποιεί το αίσθημα της ασφάλειας στους κατοίκους του. Με την ολοκλήρωση της έρευνάς ίσως να είναι δυνατό να κατασκευάζονται έξυπνα σπίτια που θα ελαχιστοποιούν τις σεισμικές δονήσεις και θα "επουλώνουν" τις μικρορωγμές που δημιουργούνται από αυτές [4]. Πιο συγκεκριμένα:

- Το σπίτι θα σχεδιαστεί «ολιστικά» με τη χρήση καινοτόμων τρισδιάστατων εικονικών στρατηγικών και διαδικασιών, που θα λαμβάνουν υπόψη τους την φέρουσα ικανότητα στις μεσοτοιχίες με αποτέλεσμα την σημαντική βελτίωση στην ευστάθεια των κτιρίων.
- Θα χρησιμοποιηθούν νέα κατασκευαστικά υλικά, προϊόντα της νανοτεχνολογίας, τα οποία θα είναι ειδικά ανεπτυγμένα για κάθε τμήμα του σπιτιού (δομικά στοιχεία ανωδομής, θεμελίωσης, εξωτερικό περίβλημα, μεσοτοιχίες, και εσωτερικά τελειώματα).
- Θα χρησιμοποιηθούν καινοτόμοι νάνο-αισθητήρες/ενεργοποιητές για ενεργό έλεγχο των δυναμικών δονήσεων-ταλαντώσεων των δομικών στοιχείων.
- Νέοι αισθητήρες θα ελέγχουν τις δυναμικές ταλαντώσεις των διαφόρων τμημάτων του κτηρίου και σε συνδυασμό με την χρήση ασύρματων δικτύων θα καταγράφουν και θα ελέγχουν την συμπεριφορά των τμημάτων αυτών προσδίδοντας τους, την δυνατότητα αυτόματης διόρθωσης και αυτό - ίασης από τις ζημιές.
- Θα χρησιμοποιηθούν αντι-δονητικές, αντι-βλητικές και αντι-πυρικές τεχνολογίες.
- Θα τοποθετηθούν βελτιωμένα συστήματα

Το πρωτοποριακό αυτό πρόγραμμα αναμένεται να έχει και κοινωνικές επιπτώσεις, μετακινώντας το εργατικό δυναμικό από την υπαίθρια εργασία στο εργοστάσιο,

συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην αύξηση της κοινωνικής συνοχής και της βιώσιμης ανάπτυξης.

4.2 Βασικά Δομικά Στοιχεία

4.2.1 Αισθητήρες στους τοίχους

Όσον αφορά την εξουδετέρωση των σεισμικών δονήσεων, θα γίνεται κατ' αρχάς μέσω του προηγμένου σχεδιασμού του ίδιου του κτιρίου. Ήδη αναπτύσσονται προηγμένα υπολογιστικά εργαλεία για τον καταμερισμό των στατικών και των δυναμικών φορτίων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι δονήσεις. Επιπλέον, στους τοίχους του σπιτιού θα υπάρχουν αισθητήρες οι οποίοι θα καταγράφουν τις δονήσεις, καθώς και επενεργητές που θα ελαχιστοποιούν τις κραδασμούς και τις επιπτώσεις από τις σεισμικές δονήσεις.

Επιπλέον, το προηγμένο σύστημα αισθητήρων θα μπορεί να καταγράφει το ιστορικό καταπόνησης του κτίσματος, τις μεταβολές της πίεσης που ασκείται στους τοίχους, τις δονήσεις, τη θερμοκρασία, την υγρασία αλλά και τις εκπομπές αερίων. Και αν η κατάσταση κριθεί κρίσιμη από το σύστημα, τότε ένα δίκτυο αισθητήρων, θα προειδοποιήσει τις κατοίκους ώστε να εγκαταλείψουν το σπίτι εγκαίρως.

Οι τοίχοι του πιλοτικού κτιρίου, πέρα από τις αισθητήρες και τα μικροκυκλώματα, θα περιέχουν και πολυμερή σωματίδια που θα υγροποιούνται όταν δέχονται υψηλές πιέσεις, τις συμβαίνει στην περίπτωση της σεισμού. Έτσι, τα πολυμερή σωματίδια υγροποιούμενα θα γεμίζουν τις ρωγμές που εμφανίζονται τις τοίχους. Όταν η πίεση θα επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα, τα νανοπολυμερή θα στερεοποιούνται και θα «επουλώνουν» τις όποιες ρωγμές.

4.2.2 Γυψοσανίδες

Η χαρακτηριστική δυναμική αντίδραση των ελαφρών κατασκευών από χαλύβδινα πλαίσια, στις εξωτερικές διαταραχές, οι πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, η θερμική μόνωση, η αντίσταση στη φωτιά και η ευκολία τοποθέτησης των γυψοσανίδων τις καθιστούν ιδανικές, για την κατασκευή του νέου αυτού κτιρίου, το οποίο αποτελεί μια καινοτόμα σύλληψη στον τομέα των κατασκευών για την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι γυψοσανίδες είναι ένα κοινό κατασκευαστικό δομικό υλικό που χρησιμοποιείται παγκοσμίως κατά το τελικό στάδιο δόμησης, σε εσωτερικούς τοίχους και ταβάνια. Αποτελείται από μια χάρτινη επένδυση η οποία τυλίγεται γύρω από έναν εσωτερικό πυρήνα κονιάματος γύψου (ημι-ένυδρη μορφή θειικού άλατος ασβεστίου $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$). Η γύψος ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), εξορύσσεται ή λαμβάνεται ως προϊόν κατά την διαδικασία αποθείωσης αερίων σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της καύσης γαιανθράκων (FGD). Η ημι-ένυδρη μορφή του θειικού ασβεστίου, $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$, παράγεται μέσω της διαδικασίας αφυδάτωσης της γύψου (calcinations), η οποία είναι μια ενδόθερμη αντίδραση αποσύνθεσης. Όταν η γύψος θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεταξύ 100° και 120° κελσίου, αρχίζει να αφυδατώνεται κατά την αντίδραση: $CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O + \frac{3}{2}H_2O$ μειώνεται η αντοχή της, παίρνει την μορφή πούδρας, και τελικώς μετατρέπεται σε ημι-ένυδρο θειικό ασβέστιο.

Το κονίαμα αυτό, αναμειγνύεται με διάφορα προσθετικά, με σκοπό την αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων, την αντοχή στη φωτιά και στο νερό. Στη συνέχεια ένας πυρήνα από υγρό υλικό τυλίγεται σε χαρτί ή φαιμπεργκλας και οδηγείται σε μεγάλους θαλάμους - στεγνωτήρια. Το υλικό γίνεται συμπαγές και αρκετά ανθεκτικό ώστε να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό. Οι θάλαμοι αυτοί, σήμερα λειτουργούν κυρίως με φυσικό αέριο. Ανάλογα με την απόδοση τους, το 25% με 45% του κόστους των γυψοσανίδων, οφείλεται στην κατανάλωση φυσικού αερίου.

Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούνται οργανικά διαλυτικά/πλαστικοποιητές, δηλ. η μείωση της ποσότητας του νερού ώστε να παράγεται παχύρευστο μείγμα (slurry) γύψου κατά την κατασκευή των γυψοσανίδων.

Όταν χρησιμοποιείται για προστασία από την φωτιά, η γυψοσανίδα αποτελεί ένα παθητικό στοιχείο πυροπροστασίας. Στη φυσική της μορφή, η γύψος περιέχει κρυσταλλικό νερό το οποίο δεσμεύεται υπό μορφή ένυδρων ουσιών. Όταν εκτίθεται στη θερμότητα, και κατά επέκταση στην πυρκαγιά, αυτό το νερό εξαερώνεται, καθυστερώντας με τον τρόπο αυτό την μετάδοση της θερμότητας. Επομένως, μια πυρκαγιά σε ένα δωμάτιο που χωρίζεται από ένα παρακείμενο δωμάτιο με μια αντιπυρική κατασκευή από γυψοσανίδες, δεν θα προκαλέσει στο δωμάτιο αυτό, μεταβολή θερμοκρασίας μεγαλύτερη από το σημείο βρασμού του νερού ($100^\circ C$) μέχρι να εξατμιστεί όλο το νερό που περιέχεται στη γύψο.

Αυτό καθιστά την γυψοσανίδα, ένα ιδιόμορφο υλικό επειδή καθώς τα ένυδρα συστατικά εξατμίζονται, αφήνουν πίσω είδος σκόνης, το οποίο σε συνδυασμό με το χαρτί γίνεται ιδιαίτερα επικίνδυνο. Γενικότερα όσο περισσότερα στρώματα γυψοσανίδας τύπου X (type X) έχουν προστεθεί σε έναν τοίχο, τόσο περισσότερο αυξάνει η αντίσταση στη φωτιά. Η γυψοσανίδα τύπου X, δημιουργείται με την προσθήκη ινών γυαλιού στη γύψο, με στόχο την αύξηση της προστασίας από τη φωτιά, ιδίως όταν εξατμίζονται τελείως τα ένυδρα συστατικά και η γύψος μετατρέπεται σε σκόνη. Η γυψοσανίδα τύπου X είναι ένα τυπικό υλικό που χρησιμοποιείται, σε τοίχους και ταβάνια, όταν απαιτείται υψηλός δείκτης προστασίας από την φωτιά.

Επειδή ένα μεγάλο ποσοστό, περίπου ίσο με το 17%, των γυψοσανίδων περισσεύει μετά το τέλος της κατασκευής και της εγκατάστασης, το οποίο σπάνια επαναχρησιμοποιείται, η απόθεση και επεξεργασία του υλικού αυτού αποτελεί ένα μεγάλο πρόβλημα. Σε αρκετές περιοχές έχει απαγορευτεί η απόθεση του υλικού αυτού. Ενώ η απόθεση του σε θαλάσσια περιβάλλοντα μπορεί να προκαλέσει ζημιά στους θαλάσσιους οργανισμούς. Πολλοί κατασκευαστές παίρνουν πίσω τα περισσευούμενα μέρη από τις γυψοσανίδες και τα καταστρέφουν καίγοντας τα σε υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να καταστραφεί το χαρτί που εμπεριέχουν και επαναφέρουν τη γύψο στην αρχική της κατάσταση. Πρόσφατα, άρχισε να ερευνάται και η δυνατότητα ανακύκλωσης στο ίδιο το εργοτάξιο. Υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό συγκεκριμένων εδαφών, όπως οι άργιλοι και οι ιλείς, όπως επίσης και σε λιπάσματα, αλλά δεν πρέπει να περιέχει μη - βιοδιασπώμενα ή τοξικά προσθετικά, πλαστικοποιητές, EDTA κλπ.

4.2.3 Χαλύβδινα Πλαίσια

Τα χαλύβδινα πλαίσια αναφέρονται συνήθως, σε μια τεχνική οικοδόμησης με «πλαίσια - σκελετών» (εικ.4.4), αποτελούμενα από κάθετους στύλους χάλυβα και οριζόντιες δοκούς τύπου I. Τα στοιχεία αυτά, συνδέονται σε ένα τετραγωνικό πλέγμα, για να στηρίξουν την οροφή και τους τοίχους. Η τεχνική αυτή κατέστησε εφικτή την κατασκευή των ουρανοξυστών.

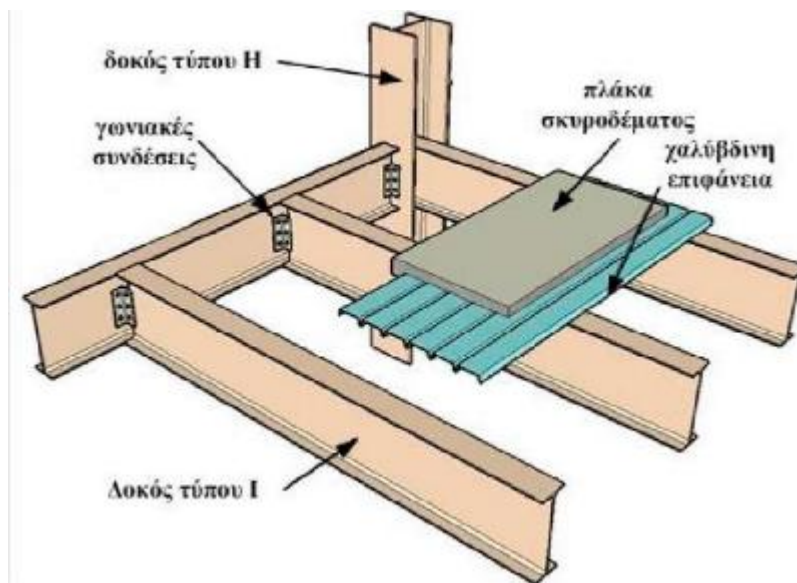
Οι δοκοί τύπου I (επίσης γνωστές ως δοκοί τύπου W, ή δοκοί διπλού T), είναι δοκοί που το προφίλ τους έχει σχήμα I ή H. Τα οριζόντια στοιχεία αποτελούν την ενίσχυση, ενώ τα κάθετα στοιχεία αποτελούν τον ιστό. Η εξίσωση που περιγράφει την

συμπεριφορά δοκών κατά τη φόρτιση, των Euler - Bernoulli, δείχνει ότι η διάταξη αυτή βοηθά στο να εκδηλώνεται η κάμψη και η διάτμηση στο επίπεδο του πλέγματος. Δυστυχώς όμως, η διατομή αυτή, εμφανίζει μειωμένη ικανότητα κατά την εγκάρσια διεύθυνση, ενώ είναι και ανεπαρκής για τη μεταφορά της στρέψης, με αποτέλεσμα να προτιμώνται, σε τέτοιες περιπτώσεις κοίλα δομικά στοιχεία.

Η διατομή των στύλων χάλυβα παίρνει τη μορφή του γράμματος «H». Οι δύο πεπλατυσμένες πλευρές της κάθε στήλης είναι πιο πλατιές και πιο παχιές από αυτές των δοκών, ώστε να αντιστέκονται καλύτερα στις τάσεις που αναπτύσσονται στην κατασκευή. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται και τετραγωνικά ή κυλινδρικά τμήματα χάλυβα τα οποία γεμίζονται με σκυρόδεμα.

Οι δοκοί χάλυβα συνδέονται με τους στύλους με μπουλόνια ή καρφιά. Ο κεντρικός ιστός των δοκών τύπου «I» είναι συχνά πιο πλατύς από τον αντίστοιχο ιστό των στηλών ώστε να μπορεί να αντισταθεί στις μεγάλες δυνάμεις κάμψης που εμφανίζονται σε αυτές.

Μεγάλα φύλλα από χάλυβα, χρησιμοποιούνται για να καλύψουν το πάνω μέρος του χαλύβδινου σκελετού, κάτω από ένα παχύ στρώμα σκυροδέματος και ενισχυτικών ράβδων χάλυβα. Μια άλλη δημοφιλής εναλλακτική λύση είναι ένα πάτωμα των προκατασκευασμένων συγκεκριμένων μονάδων δαπέδων με κάποια μορφή συγκεκριμένου καλύμματος. Συχνά στα κτήρια γραφείων η τελική επιφάνεια των πατωμάτων είναι υπερυψωμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε το κενό μεταξύ της επιφάνειας αυτής και του πραγματικού πατώματος να χρησιμοποιείται για καλώδια και αγωγούς αερισμού του κτηρίου.



Εικόνα 4. 2: Σχηματική απεικόνιση της τεχνικής οικοδόμησης με χαλύβδινα πλαίσια «skeleton - frame».

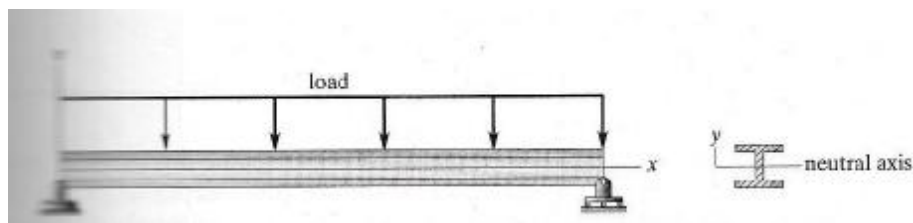
Ο σκελετός πρέπει να προστατευθεί από πυρκαγιές, επειδή ο χάλυβας γίνεται ιδιαίτερα μαλακός κατά την έκθεση του σε υψηλές θερμοκρασίες, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει την κατασκευή σε μερική κατάρρευση. Για το λόγο αυτό τα χαλύβδινα πλαίσια «ντύνονται» με κάποιο αντιπυρικό υλικό, όπως είναι το σκυρόδεμα ή η γυψοσανίδα. Οι δοκοί αντίστοιχα μπορούν επίσης να «ντυθούν» με σκυρόδεμα ή γυψοσανίδα ή και να ψεκαστούν επιπλέον με κάποια επικάλυψη ώστε να μονωθούν από τη μεγάλη θερμότητα που αναπτύσσεται θερμότητα κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς.

Το εξωτερικό μέρος του κτηρίου καλύπτεται χρησιμοποιώντας ποικίλες τεχνικές δόμησης και μιας τεράστιας γκάμας αρχιτεκτονικών υφών. Τούβλα, πέτρα, ενισχυμένο σκυρόδεμα, αρχιτεκτονικό γυαλί, ή απλά το χρώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν το πλαίσιο και να προστατεύσουν το χάλυβα από τις καιρικές συνθήκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΟΚΩΝ

5.1 ΘΕΩΡΙΑ ΔΟΚΩΝ

Οι δοκοί παίζουν σπουδαίο ρόλο σε πολλές εφαρμογές της μηχανικής συμπεριλαμβανομένου κτιρίων, γεφυρών, αυτοκινητοβιομηχανίας και κατασκευές αεροσκαφών. Η δοκός ορίζεται σαν ένα δομικό στοιχείο του οποίου οι διατομές είναι σχετικά μικρότερες από το μήκος τους. Συνήθως οι δοκοί υπόκεινται σε εγκάρσια φόρτιση η οποία δημιουργεί κάμψη στη δοκό. Δοκός υφιστάμενη ομοιόμορφη κατανομή φορτίου δείχνεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5. 1: Δοκός φορτισμένη με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου

Στην περίπτωση δικτυωμάτων όλα τα φορτία εφαρμόζονται στους κόμβους της κατασκευής. Οπότε δεν εξασκούνται καμπτικά φορτία. Σε κατασκευές οι οποίες θεωρούνται ως δοκοί τα φορτία μπορούν να εφαρμοστούν οπουδήποτε κατά μήκος της δοκού και η φόρτιση θα προκαλέσει κάμψη στη δοκό. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε αυτές τις διαφορές όταν μοντελοποιούμε ένα φυσικό πρόβλημα.¹⁷

Η παραμόρφωση του ουδέτερου άξονα μιας δοκού σε οποιαδήποτε θέση x παριστάνεται από το σύμβολο V . Για μικρές παραμορφώσεις η σχέση μεταξύ της κάθετης τάσης σ σε μια τομή, η ροπή κάμψης στην ίδια τομή M και η δευτερη ροπή επιφανείας I ορίζεται από την εξίσωση:

$$\sigma = -\frac{My}{I}$$

¹⁷ S. Moaveni, Finite Element Analysis. Theory and Application with Ansys. 3rd Edition, Pearson International Edition 2008

(5.1)

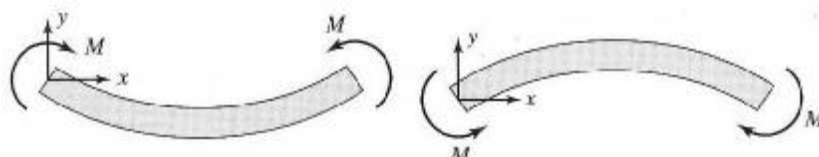
Όπου y θέτει ένα σημείο στη διατομή της δοκού και παριστάνει την εγκάρσια μετατόπιση από τον ουδέτερο άξονα σε εκείνο το σημείο. Η απομάκρυνση του ουδέτερου άξονα x επίσης σχετίζεται με την εσωτερική ροπή κάμψης $M(x)$, εγκάρσια διάτμηση $V(x)$, και το φορτίο $W(x)$ σύμφωνα με τις εξισώσεις

$$EIy'' = M(x) \quad (5.2)$$

$$EIy''' = \frac{dM(x)}{dx} = V(x) \quad (5.3)$$

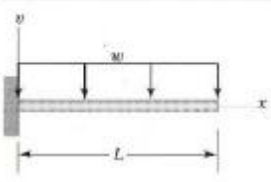
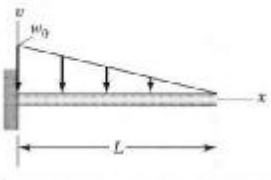
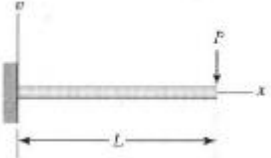
$$EIy'''' = \frac{dV(x)}{dx} = w(x) \quad (5.4)$$

Όπου EI είναι η δυσκαμψία της δοκού, η θετική και η αρνητική καμπτική ροπή και οι καμπυλότητες δείχνονται στο Σχήμα 5.2



Σχήμα 5. 2: Θετικές και αρνητικές καμπτικές ροπές και καμπυλότητα με συμβατικές φορές

Οι παραμορφώσεις και οι κλίσεις δοκών υπό την επίδραση τυπικής φόρτισης για απλά στηριζόμενες και προβόλους δείχνονται στον Πίνακα 5.1

Beam Support and Load	Equation of Elastic Curve	Maximum Deflection	Slope
	$v = \frac{-wx^2}{24EI} (x^2 - 4Lx + 6L^2)$	$v_{\max} = \frac{-wL^4}{8EI}$	$\theta_{\max} = \frac{-wL^3}{6EI}$
	$v = \frac{-w_0x^2}{120LEI} (-x^3 + 5Lx^2 - 10L^2x + 10L^3)$	$v_{\max} = \frac{-w_0L^2}{30EI}$	$\theta_{\max} = \frac{-w_0L^2}{24EI}$
	$v = \frac{-Px^3}{6EI} (3L - x)$	$v_{\max} = \frac{-PL^3}{3EI}$	$\theta_{\max} = \frac{-PL^2}{2EI}$

πίνακας 5. 1: Παραμορφώσεις και κλίσεις δοκών υπό την επίδραση τυπικών φορτίων και στηρίξεων

Παράδειγμα 5.1

Χαλύβδινη δοκός με χαρακτηριστικά W18x35 διατομής 10.3 in² βάθους 17.7 in φαίνεται στο Σχήμα 5.3. Η δεύτερη ροπή επιφάνειας είναι 510 in⁴ και η δοκός φορτίζεται με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου 1000 lb/ft. Το μέτρο ελαστικότητας της χαλύβδινης δοκού είναι 19x10⁶. Θα προσδιορίσουμε αναλυτικά και με τη χρήση του Ansys την παραμόρφωση της δοκού στο μέσον και στο άκρο της. Επίσης θα υπολογίσουμε την κλίση της δοκού στο ελεύθερο άκρο.

A. Αναλυτική επίλυση του προβλήματος

Η εξίσωση παραμόρφωσης για έναν πρόβολο δίνεται στον Πίνακα 5.1

$$v = -(wx^2)/24EI(x^2 - 4Lx + 6L^2)$$

Η παραμόρφωση της δοκού στο μέσον της $x = \frac{L}{2}$ είναι $v_B = -0.052$ in

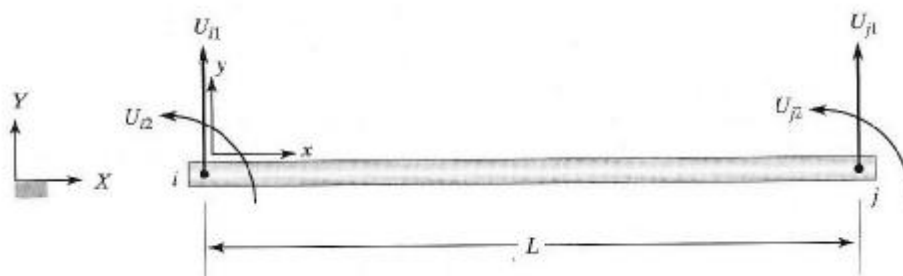
Και η παραμόρφωση στο ελεύθερο άκρο C είναι :

$$VC = -0.146 \text{ in}$$

Η μέγιστη κλίση πραγματοποιείται στο σημείο C και είναι $\theta_{\max} = -\frac{wL^3}{6EI} = -0.00163$ rad

Κατόπιν υπολογίζουμε τη μέγιστη καμπτική τάση σε δοκό η οποία εφαρμόζεται στο σημείο

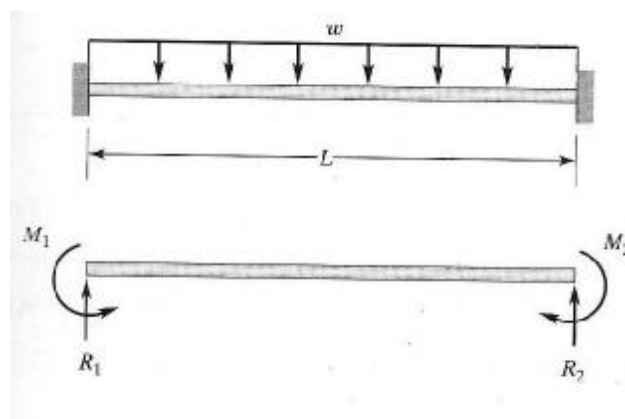
A. Η μέγιστη καμπτική τάση είναι $\sigma = \frac{My}{I} = 10411 \text{ lb/in}^2$



Σχήμα 5. 3: Πρόβολος με ομοιόμορφη κατανομή φορτίου

B. Εφαρμογές των πεπερασμένων στοιχείων σε δοκούς

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση δοκών με πεπερασμένα στοιχεία πρέπει να ορίσουμε τι εννοούμε με στοιχείο δοκού. Ένα απλό στοιχείο δοκού αποτελείται από δυο κόμβους. Σε κάθε κόμβο έχουμε δύο βαθμούς ελευθερίας, μια κάθετη μετατόπιση και μια γωνία στρέψης όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.4



Σχήμα 5. 4: Στοιχείο δοκού

Υπάρχουν τέσσερις κομβικές τιμές που σχετίζονται με το στοιχείο δοκού. Θα χρησιμοποιήσουμε πολυώνυμο τρίτης τάξης με τέσσερις άγνωστους συντελεστές για να παραστήσουμε το πεδίο μετατόπισης. Επιπλέον θέλουμε οι πρώτοι παράγωγοι των συναρτήσεων σχήματος να είναι συνεχείς. Αρχίζουμε με το πολυώνυμο τρίτης τάξης

$$v = c_1 + c_2x + c_3x^2 + c_4x^3$$

Εφαρμόζοντας τις συνοριακές συνθήκες για τη δοκό έχουμε

$$\text{Κομβος i: } x = 0, v = c_1 = U_{i1}$$

$$\text{Κομβος i: } x = 0, v' = c_2 = U_{i2}$$

$$\text{Κομβος j: } x = L, v = U_{j1}$$

$$\text{Κομβος j: } x = L, v' = U_{j2}$$

Έχουμε τέσσερις εξισώσεις με τέσσερις αγνώστους c_1, c_2, c_3, c_4

Μετά από υπολογισμούς προκύπτει ότι

$$v = S_{i1}U_{i1} + S_{i2}U_{i2} + S_{j1}U_{j1} + S_{j2}U_{j2}$$

Όπου

$$S_{i1} = 1 - (3x^2)L^2 + (2x^3)/L^3$$

$$S_{i2} = x - \frac{2x^2}{L} + x^3/L^2$$

$$S_{j1} = \frac{3x^2}{L^2} - (2x^3)L^3$$

$$S_{j2} = \frac{x^2}{L} + x^3/L^2$$

Ο Πίνακας στιβαρότητας για ένα στοιχείο δοκού είναι:

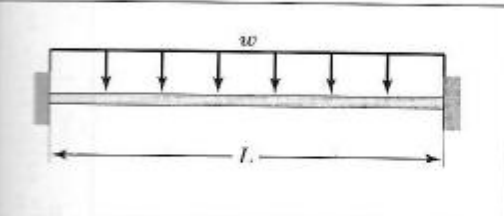
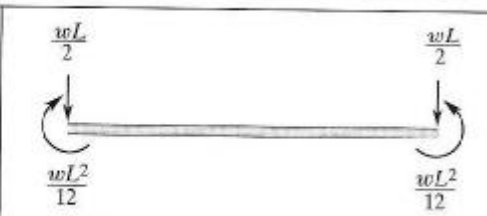
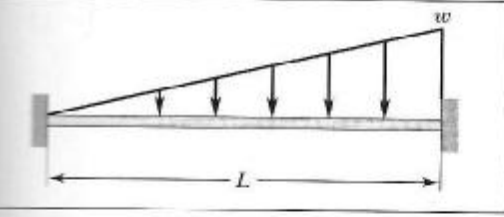
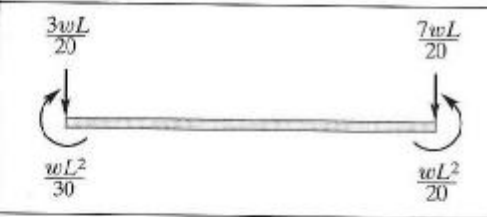
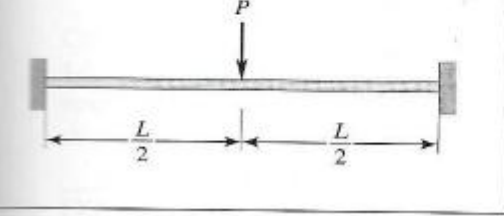
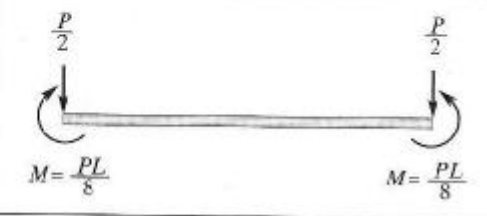
$$[k] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

Τα ισοδύναμα κομβικά φορτία των δοκών δίνονται στον Πίνακα 5.2.

Γ. Επίλυση του προβλήματος του προβόλου με πεπερασμένα στοιχεία

Αρχικά γράφουμε την εξίσωση των πεπερασμένων στοιχείων για το επίλυση πρόβλημα της προβόλου.

$$\frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{11} \\ U_{12} \\ U_{21} \\ U_{22} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\frac{wL}{2} \\ -\frac{wL^2}{12} \\ -\frac{wL}{2} \\ \frac{wL^2}{12} \end{Bmatrix}$$

Loading	Equivalent Nodal Loading
	
	
	

πίνακας 5. 2: Ισοδύναμα κομβικά φορτία δοκών

Μετά από αντικατάσταση των συνοριακών συνθηκών δηλαδή $U_{11} = 0$ και $U_{12} = 0$ προκύπτει ότι

$$\frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ U_{21} \\ U_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{wL}{2} \\ \frac{wL^2}{12} \end{pmatrix}$$

Μετά από την επίλυση του συστήματος για δεδομένες τιμές των παραμέτρων του προβλήματος προκύπτει $U_{12} = -0.146 \text{ in}$, $U_{22} = -0.001163 \text{ rad}$

Επίσης προσδιορίζουμε την απόκλιση στο σημείο B (δηλαδή στο κέντρο της δοκού) η οποία είναι $U_B = -0.048 \text{ in}$

Από την ανωτέρα ανάλυση προκύπτει ότι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων δίνει προσεγγιστικά την ίδια λύση με την αντίστοιχη της αναλυτικής.

	$u_B(\text{in})$	$u_C(\text{in})$	$\Theta_{max}(\text{rad})$
<i>Πεπερασμένα στοιχεία</i>	-0.048	-0.146	-0.00163
<i>Αναλυτική λύση</i>	-0.052	-0.146	-0.00163

πίνακας 5. 3: Σύγκριση αναλυτικής επίλυσης του προβλήματος και πεπερασμένων στοιχείων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

A. ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΔΟΚΟΣ

ΑΝΑΦΟΡΑ: TIMOSHENKO ,σελίδα 98,προβλημα 4

Τύπος ανάλυσης: Στατική ανάλυση (antype=0)

Τύπος Στοιχείου: 2-D δυσδιάστατα ελαστικά στοιχεία δοκού (Δοκός3)

Εφαρμογή

Μια τυπική δοκός 30’’ WF, με επιφάνεια διατομής A, υποστηρίζεται όπως φαίνεται παρακάτω και μεταφέρεται στις προεξοχές από ένα ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο

w. Καθορίζουν τη μέγιστη καταπόνηση κάμψεως σ στο μεσαίο τμήμα της δοκού και την εκτροπή δ στο μέσον της δοκού.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

$$E=30 \times 10^6 \text{ psi}$$

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

$$L=20 \text{ ft}=240 \text{ in}$$

$$a=10 \text{ ft}=120 \text{ in}$$

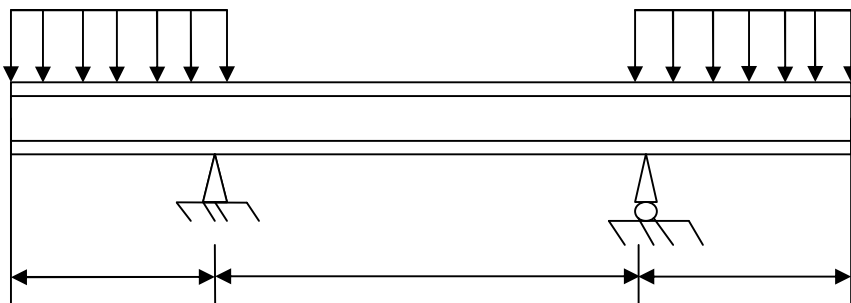
$$h=30 \text{ in}$$

$$A=50.65 \text{ in}^2$$

$$I_z=7892 \text{ in}^4$$

Φόρτωση

$$W=10000 \text{ lb/ft}=(10000/12) \text{ lb/in}$$

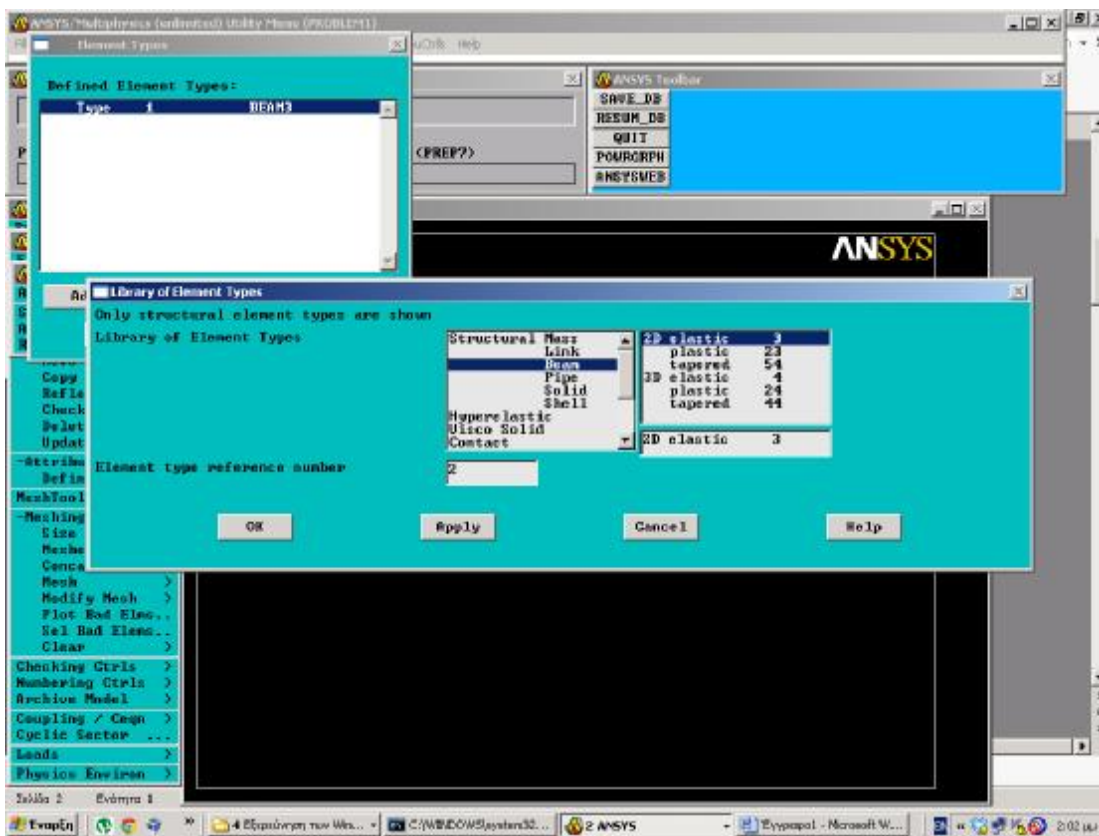


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

A. Χωρίς Νανούλικά

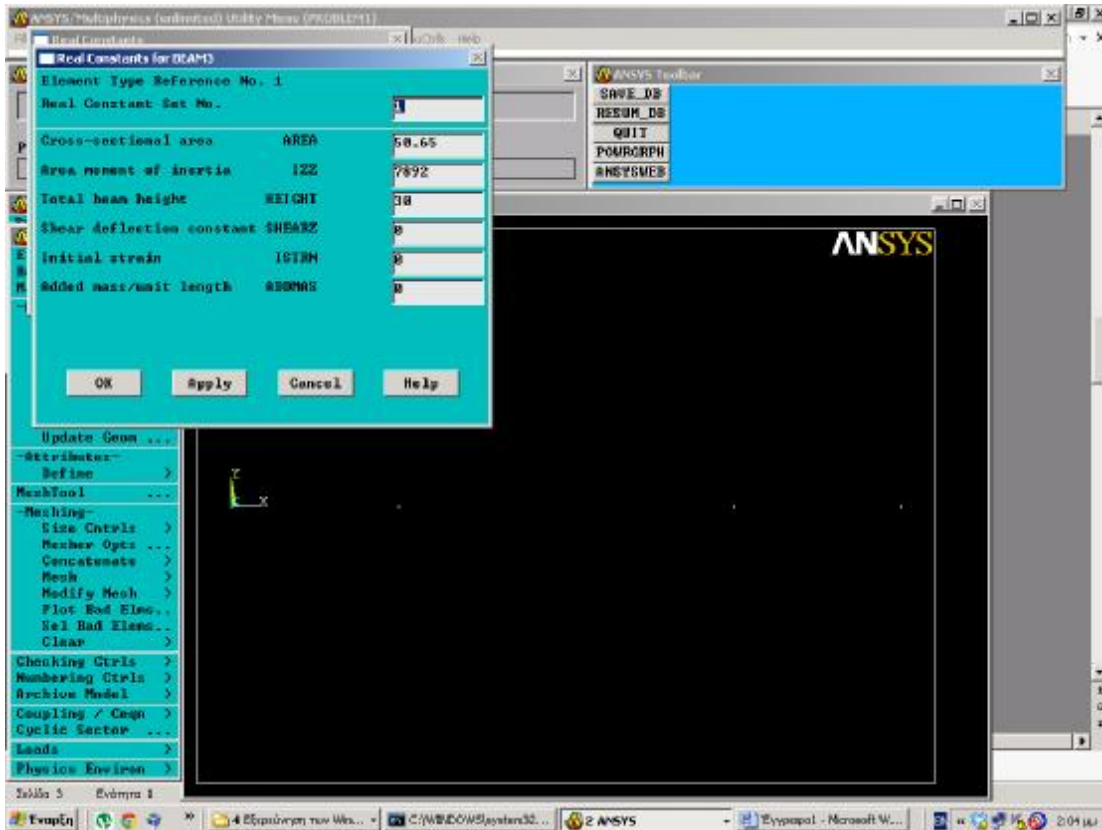
Αρχικά εισάγουμε το είδος των πεπερασμένων στοιχείων που θα χρησιμοποιήσουμε στην επίλυση του προβλήματος με ΠΣ. Σ αυτή τη περίπτωση χρειάζονται στοιχεία δοκού με έξι βαθμούς ελευθερίας /κόμβο, δηλαδή τρεις μετατοπίσεις και τρεις ροπές ή γωνιακές μετατοπίσεις.

Οι εντολές που απαιτούνται να εισαχθούν στο ANSYS δίδονται στο Σχήμα 1



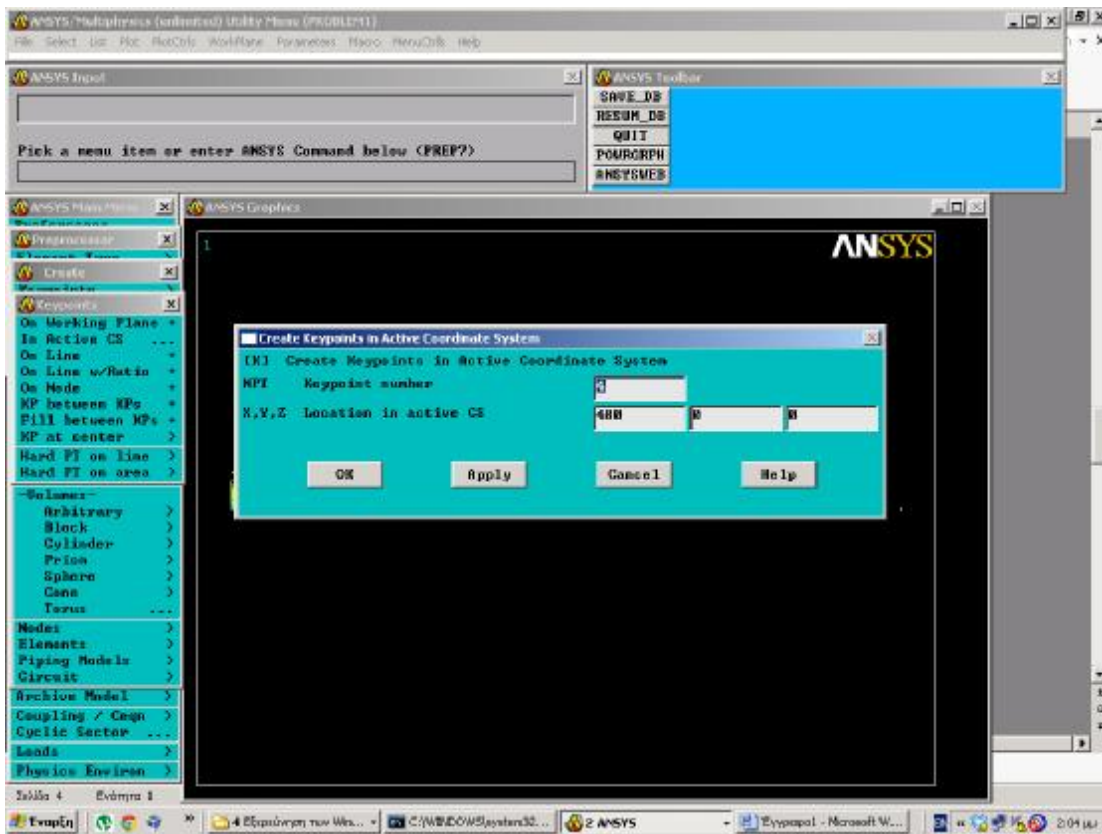
Σχήμα 6. 1: Εισαγωγή του προβλήματος στο πρόγραμμα ANSYS

Κατόπιν εισάγουμε δεδομένα για τη δοκό, π.χ. γεωμετρία A, τη ροπή αδρανείας Izz, το ύψος και τη διατομή A σε μονάδες Αγγλικού συστήματος (in, lbf, sec) όπως φαίνονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 6. 2: Μοντελοποίηση του προβλήματος στο ANSYS

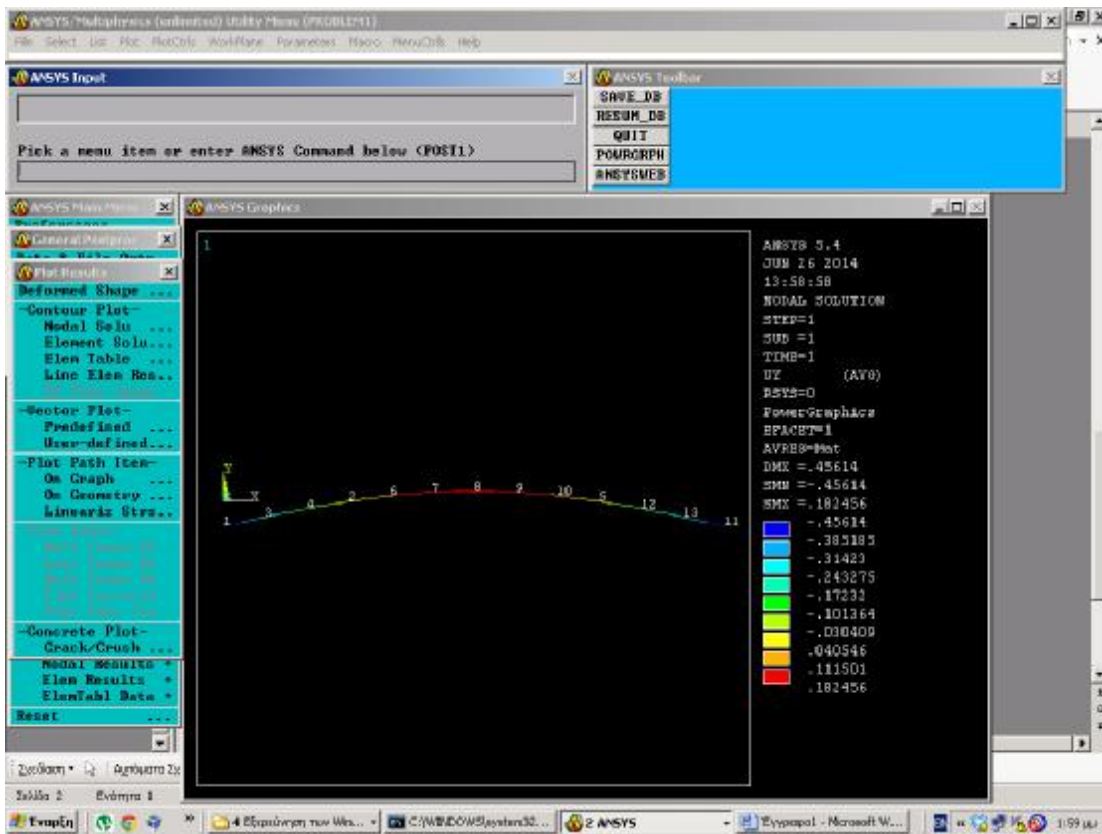
Η γεωμετρία ορίζεται από τα σημεία κλειδιά δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις συντεταγμένες των. Προσδιορίσαμε πέντε τέτοια σημεία για να ορίσουμε τα άκρα της δοκού καθώς και τα σημεία στήριξης (βλ. Σχήμα 3). Επίσης εφαρμόζουμε τις φορτίσεις στα τμήματα της δοκού μεταξύ των άκρων και των σημείων στήριξης.



εχίμα 6. 3: Εισαγωγή της γεωμετρίας του προβλήματος στο ANSYS

Εφ όσον εισάγαμε τα γεωμετρικά στοιχεία της δοκού και τις στηρίξεις κατόπιν την διαχωρίζουμε σε πεπερασμένα στοιχεία και αφήνουμε το πρόγραμμα ANSYS να επιλύσει το πρόβλημα.

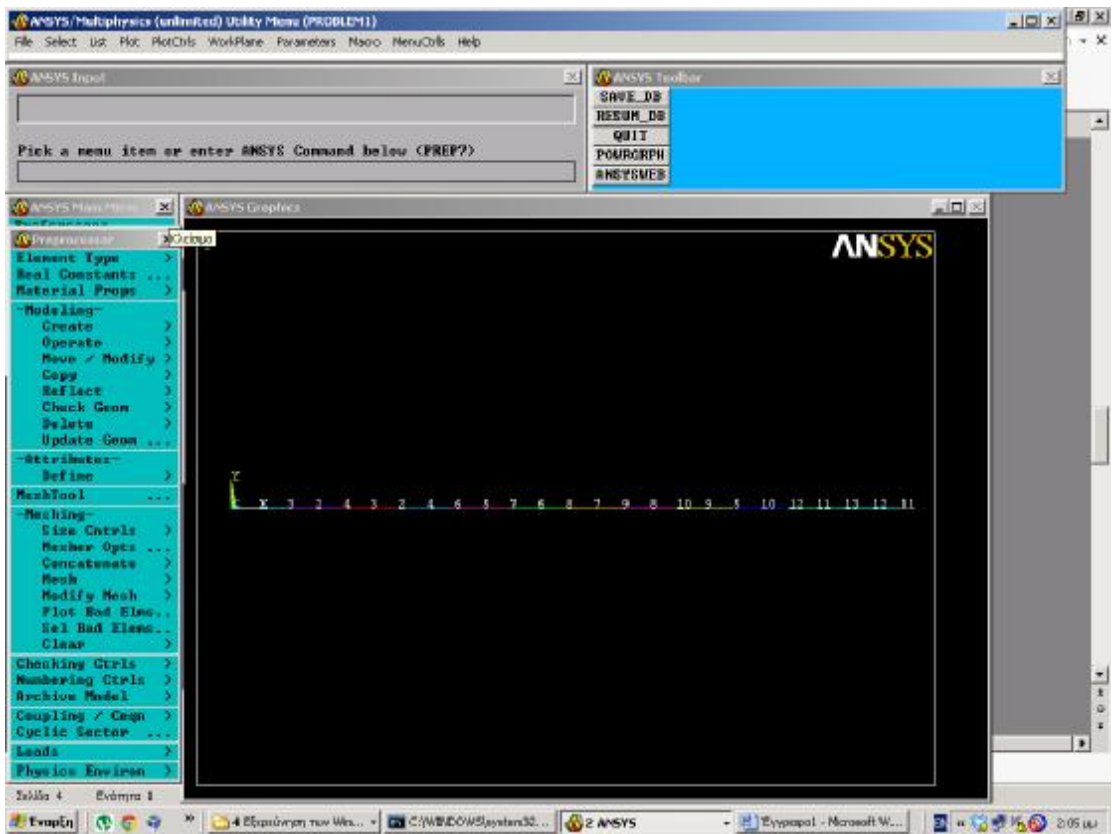
Η επίλυση του προβλήματος φαίνεται στο Σχήμα 4.



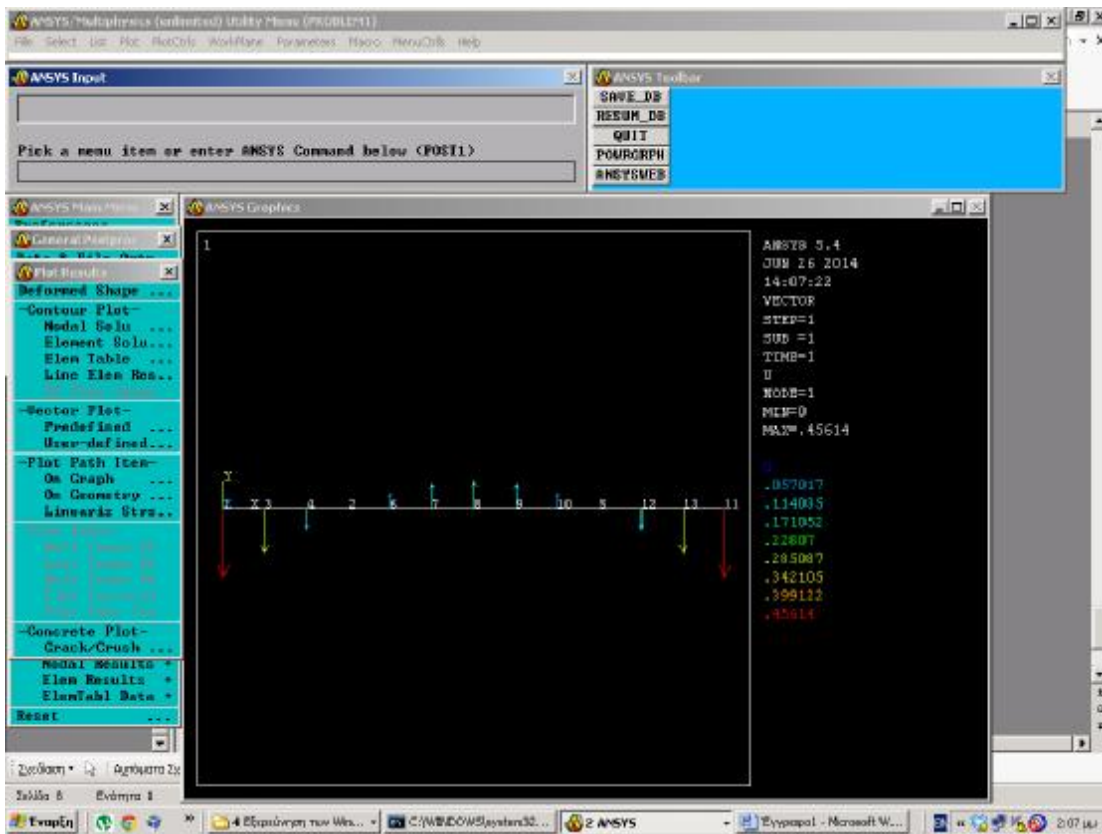
εχίμα 6. 4: Αποτελέσματα της συμπεριφοράς της δοκού υπό φόρτιση στο ANSYS

Παρατηρούμε ότι το βέλος κάμψης στο μέσο της δοκού ισούται με 0.182 in, ενώ στα άκρα η μετατόπιση ισούται με -0.456 in.

Για καλύτερη ακρίβεια η δοκός διαχωρίζεται σε περισσότερα ΠΣ και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 5.Οι μετατοπίσεις δίδονται με διανύσματα για καλύτερη απεικόνιση των μετατοπίσεων.



Σχήμα 6. 5: Επίδειξη κόμβων στο ANSYS



εχήμα 6. 7: Τάσεις στη δοκό

B. Ενίσχυση με Νανουλικά

Σε αυτή την περίπτωση το υλικό εμπλουτίζεται με CNT (νανοσωλήνες άνθρακα). Το μέτρο ελαστικότητας τώρα υπολογίζεται από τον τύπο

$$E_{xCNT} = fE_{CNT} + (1 - f)E_x$$

Όπου

E_{xCNT} είναι το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα ενισχυμένο με CNT

E_x είναι το μέτρο ελαστικότητας του καθαρού χάλυβα

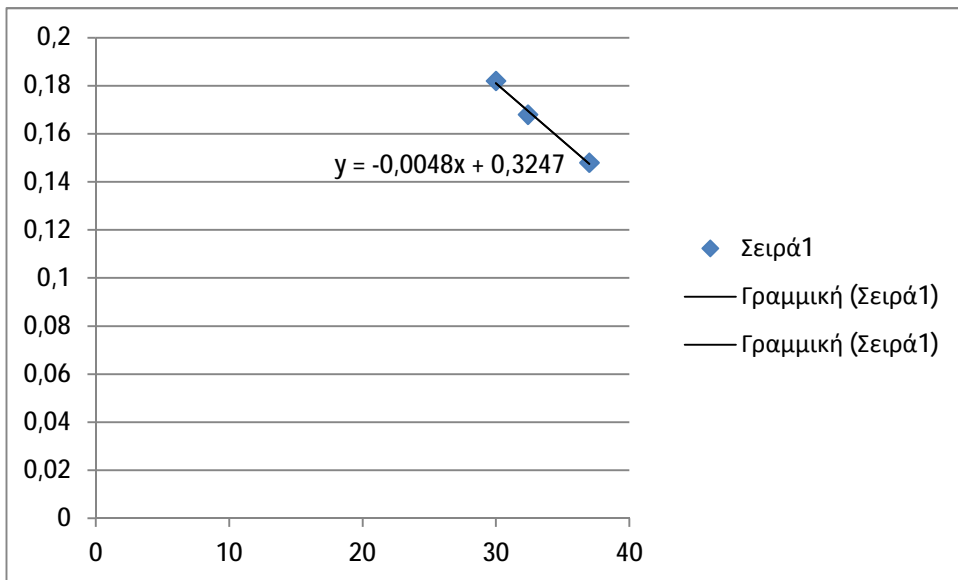
f παριστάνει το ποσοστό των CNT στο χάλυβα

Δεδομένου ότι το $E_{\chi}=200 \text{ GPa}$, $E_{CNT}=1 \text{ TPa}$ και $f=2\%$

Η ανωτέρω εξίσωση υπολογίζει το μέτρο ελαστικότητας του ενισχυμένου χάλυβα ίσο με 216 GPa (ή $32,4 \cdot 10^6 \text{ psi}$). Με αυτή τη τιμή του νέου μέτρου ελαστικότητας τρέχουμε το ANSYS για να υπολογίσουμε τα νέα βέλη κάμψης στο κέντρο και στα συμμετρικά άκρα της δοκού. Κατόπιν ενισχύουμε το χάλυβα με $10\% \text{ cnts}$ οπότε τα νέο μέτρο ελαστικότητας γίνεται $37 \cdot 10^6 \text{ psi}$, οπότε τρέχουμε εκ νέου τα ANSYS για να βρούμε τα νέα μέτρα κάμψης.

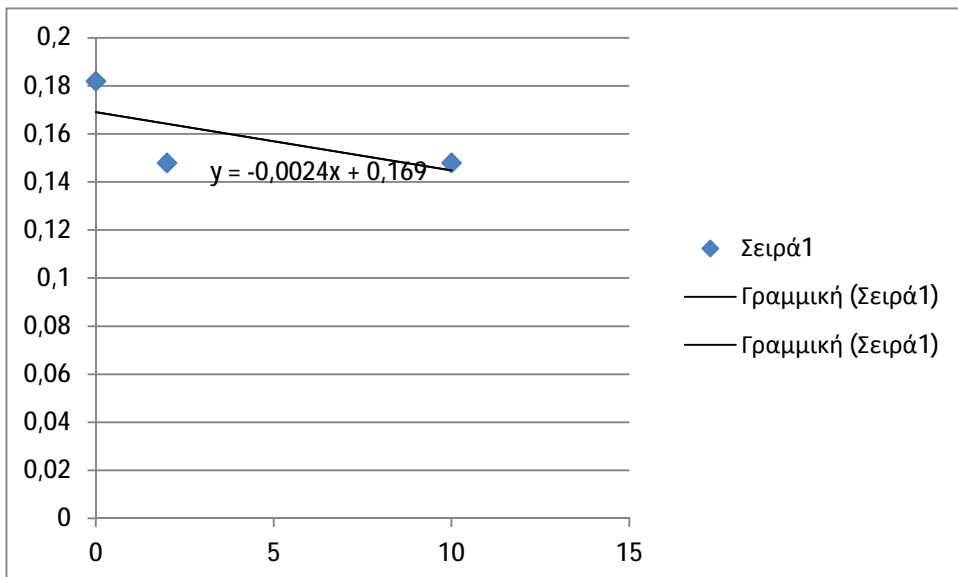
Τα αποτελέσματα των μετατοπίσεων στα άκρα της δοκού αναγράφονται στον Πίνακα I

Σημεία	A	B	Γ
U(in) (χωρίς CNT)	-0,456	0,182	-0,456
U(in) (με CNT) f=2%	-0,422	0,168	-0,422
U(in) (με CNT) f=10%	-0,369	0,148	-0,369



Σχήμα 6. 8: Μεταβολή του μέτρου κάμψης σε συνάρτηση του μέτρου ελαστικότητας του ενισχυμένου χάλυβα

Βέλος κάμψης μεταβάλλεται γραμμικά με το μετρό ελαστικότητας τα υλικού κλίση της καμπύλης είναι αρνητική κ η τιμή της είναι $4.8 \cdot 10^{-3}$ psi



Σχήμα 6. 9: Μεταβολή του βέλους κάμψης της δοκού σαν συνάρτηση του επί τις εκατό ενισχύσεις του χάλυβα μ CNTs

Συμπέρασμα αυξανόμενου του ποσοστού με ενίσχυση του χάλυβα με CNTs το μέτρο ελαστικότητας του νέου υλικού αυξάνεται και το βέλος κάμψης στα άκρα και στο κέντρο ελαττώνεται δηλαδή γίνεται πιο στιβαρό.

Το βέλος κάμψης μεταβάλλετε γραμμικά συνάρτηση του επί τα εκατό ποσοστού της ενίσχυσης της δοκού με CNTs η κλίση της ευθείας γραμμής είναι 0,0024. Για μεγαλύτερη ακρίβεια θα πρέπει ν δώσουμε περισσότερες τιμές τα επί τα εκατό ποσοστό στ CNTs.

Βιβλιογραφία

- [1] Sumio Iijima. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, vol 354, 1991, p,56-68.
- [2] Handbook of Nanotechnology, Springer, Bhushan Editor.
- [3] H. Kroto, J. Heath, S. O'Brien, R. Curl, R. Smalley. C₆₀: Buckminsterfullerene. *Nature* 1985:318:162–3.
- [4] C.N.R. Rao, Ram Seshadri, A. Govindaraj, Rahul Sen. Fullerenes, nanotubes, onions and related carbon structures. *Materials Science and Engineering*, RI5 95 209-262.
- [5] William. D. Callister, JR. *Επιστήμη και τεχνολογία των υλικών*. Εκδόσεις Τζιόλα 2004.
- [6] M.S Dresselhaus, G. Dresselhaus and P. C. Eklund. *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*. Eklund, Academic Press (1996).
- [7] Riichiro Saito, Mitsutaka Fujita, G. Dresselhaus, M. S. Dresselhaus. Electronic structure of graphene tubules based on C₆₀. *Phys. Rev. B* 46, 1804 - 1811 (1992).
- [8] Sumio Iijima. Carbon nanotubes: past, present, and future. *Physica B* 323 (2002) 1–5.
- [9] J.P. Lu. Elastic properties of single and multilayered nanotubes. *J Phys Chem Solids* 1997:58:1649–52.
- [10] Z.C. Tu, Z.C Ou-yang. Single-walled and multiwalled carbon nanotubes viewed as elastic tubes with effective Young's moduli dependent on layer number. *Phys Rev B* 2002:65:233–407.
- [21] M. Cadek, J.N. Coleman, V. Barron, K. Hedicke. Morphological and mechanical properties of carbon-nanotube-reinforced semicrystalline and amorphous polymer composites. *Phys.Lett.* 81 (2002) 5123.
- [22] S.L. Ruan, P. Gao, X.G. Yang and T.X. Yu. Toughening high performance ultrahigh molecular weight polyethylene using multiwalled carbon nanotubes. *Polymer* 44 (2003) 5643.
- [23] M.C. Weisenberger, E.A. Grulke, D. Jacques, T. Rantell, R. Andrews, J. Enhanced mechanical properties of polyacrylonitrile/multiwall carbon nanotubes. *Nanosci. Nanotechnol.* 3 (2003).
- [24] R. Blake, Y.K. Gun'ko, J. Coleman, M. Cadek, A. Fonseca, J.B. Nagy, W.J. Blau

