



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΕΞΥΠΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ:
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ
ΠΡΟΟΠΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΗΣ
ΕΥΓΕΝΙΑΣ Κ. ΧΑΤΖΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ : ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΥΠΡΑΞΙΑ ΑΘ. ΜΑΡΙΑ

ΧΑΝΙΑ, 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη και τις ευχαριστίες μου στην αν. καθηγήτρια κ. Μαριά που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα της αρεσκείας μου, με καθοδήγησε, με παρότρυνε με τον τρόπο της να συνεχίσω και μου άνοιξε το δρόμο της διεπιστημονικότητας μαζί με τον επικ. καθηγητή κ. Τ. Δάρα και την αν.καθηγήτρια κ. Δ. Κολοκοτσά. Τους ευχαριστώ όλους θερμά για τη συνεργασία και την υπομονή τους.

Επίσης, ευχαριστώ τους δικούς μου «ανθρώπους» (ξέρουν αυτοί ποιοι είναι) που πίστεψαν σε αυτό που επέλεξα να κάνω για άλλη μια φορά και απλά ήταν «εκεί».

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στο σύντροφο της σκέψης μου, Δημήτρη και στη συμμορία των διδύμων που με «ανέχθηκαν» το διάστημα της συγγραφής.

Αφιερώνω τη μεταπτυχιακή διατριβή μου στις μικρές μου Ραλλού –Ελένη και Αμαλία-Αικατερίνη που με διδάσκουν κάθε μέρα και κάτι διαφορετικό.

«Ό,τι αγαπώ γεννιέται αδιάκοπα.

Ό,τι αγαπώ βρίσκεται στην αρχή του πάντα»

Οδυσσέας Ελύτης (*Ηλιος ο πρώτος, 1943*)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπό το πρίσμα του στόχου του 2020 για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια κατά 20%, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει σε ισχύ ένα ρυθμιστικό πλαίσιο, ώστε να εξασφαλίσει την επίτευξή του. Η τεχνολογία των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών αναπτύσσεται ραγδαία και έχει σημαντικές εφαρμογές στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και πόρων, αλλά ταυτόχρονα τα προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης σχετίζονται με πιθανούς κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον. Αυτό αποτελεί πρόκληση για τη διακυβέρνηση των νανοτεχνολογιών σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της επιστημονικής αβεβαιότητας σχετικά με το αν, σε ποια μορφή και σε ποια έκταση οι κίνδυνοι αυτοί είναι υπαρκτοί.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά, ώστε να εντοπίσει πιθανές παραμέτρους για τον εμπλουτισμό του. Παράλληλα, γίνεται διερεύνηση των τάσεων και των προοπτικών της Ελληνικής αγοράς των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μέσω ποιοτικής έρευνας, με σκοπό να εντοπιστούν οι παράγοντες που μπορούν να προωθήσουν ή παρεμποδίζουν τη χρήση τους στον κατασκευαστικό τομέα. Επίσης, συλλέγονται στοιχεία σχετικά με το πώς βλέπουν τα υλικά αυτά οι εμπλεκόμενοι φορείς της «αγοράς», την αναγνωρισιμότητα, το επίπεδο εφαρμογής έξυπνων υλικών. Τα συμπεράσματα μετατρέπονται σε επιμέρους στόχους και σχέδια δράσης και ενσωματώνονται σε οδικό χάρτη με στόχο την προώθηση καινοτόμων υλικών όπως πχ τα νανοϋλικά για χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.

ABSTRACT

Energy efficiency in buildings is now becoming urgent in view of the 2020 target for reduction in energy use by 20%. European Union has put in place a regulatory framework to ensure that targets are met.

Smart materials and nanomaterials offer a vast range of applications improving energy and resource efficiency. However, nanotechnology based products are associated with potential risks for human health and the environment. This issues a challenge for global governance due to the persistent scientific uncertainty about whether, in what form and to what extent these risks actually exist.

The objective of this study is to explore “smart” materials market trends and perspectives in Greece for use in energy efficient buildings and to look into the existing regulatory framework in order to identify market drivers and barriers of innovative materials adoption in the building construction industry.

A qualitative research has been conducted aiming to explore the smart materials and nanomaterials market trends in Greece (i.e. gap between awareness, assessment and product use, factors that may be hindering or driving innovative product adoption in the building industry).

Results indicate increasing levels of engagement (awareness, assessment and use), however the existing gap between awareness and actual use still illustrates that nanomaterials in the construction industry are still a niche market. Our conclusions are transformed into sub-objectives and policies which are included in a roadmap towards innovative materials i.e. “smart” materials and nanomaterials promotion for use in energy efficient buildings.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<i>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</i>	<i>iii</i>
<i>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</i>	<i>iv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>v</i>
 <i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	 <i>1</i>
<hr/> <i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΞΥΠΝΑ ΥΛΙΚΑ & ΥΛΙΚΑ NANOTEXNOΛΟΓΙΑΣ</i>	<hr/> <i>6</i>
<hr/> <i>1.1 Η έννοια της διάδρασης υλικών και περιβάλλοντος</i>	<hr/> <i>6</i>
<hr/> <i>1.2 Ορισμός</i>	<hr/> <i>6</i>
<hr/> <i>1.3 Είδη «έξυπνων» υλικών</i>	<hr/> <i>7</i>
<hr/> <i>1.4 Τομείς Εφαρμογών «έξυπνων» υλικών</i>	<hr/> <i>14</i>
<hr/> <i>1.5 Υλικά Νανοτεχνολογίας - Ορισμός</i>	<hr/> <i>16</i>
<hr/> <i>1.6 Υλικά νανοτεχνολογίας- Ιδιότητες</i>	<hr/> <i>19</i>
<hr/> <i>1.7 Υλικά νανοτεχνολογίας- Τομείς εφαρμογών</i>	<hr/> <i>19</i>
<hr/> <i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : «ΕΞΥΠΝΑ» ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ</i>	<hr/> <i>23</i>
<hr/> <i>2.1. Η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια</i>	<hr/> <i>23</i>
<hr/> <i>2.2. Εφαρμογές «έξυπνων» υλικών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια</i>	<hr/> <i>26</i>
<hr/> <i>2.3.Εφαρμογές υλικών νανοτεχνολογίας για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια</i>	<hr/> <i>29</i>
<hr/> <i>2.3.1. Βελτίωση σκυροδέματος</i>	<hr/> <i>32</i>
<hr/> <i>2.3.2. Παρακολούθηση Δομικής ακεραιότητας κτιρίων</i>	<hr/> <i>36</i>
<hr/> <i>2.3.3. Αντιμικροβιακές επιφάνειες</i>	<hr/> <i>37</i>
<hr/> <i>2.3.4. Αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες</i>	<hr/> <i>44</i>
<hr/> <i>2.3.5. Μονωτικά υλικά Αερογέλης</i>	<hr/> <i>47</i>
<hr/> <i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ : NANOTOΞΙΚΟΛΟΓΙΑ</i>	<hr/> <i>51</i>
<hr/> <i>3.1 Νανοτοξικολογία –Ορισμός</i>	<hr/> <i>51</i>
<hr/> <i>3.2 Πιθανοί κίνδυνοι από τα νανοϋλικά</i>	<hr/> <i>53</i>
<hr/> <i>3.3 Πύλες εισόδου νανοσωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό</i>	<hr/> <i>56</i>
<hr/> <i>3.3.1 Πνεύμονες: Η κύρια πύλη εισόδου για τα νανοσωματίδια</i>	<hr/> <i>57</i>

3.3.2	Οσφρητικό νεύρο	58
3.3.3	Υγιές δέρμα.....	58
3.3.4	Γαστρεντερική οδός.....	59
3.4	Έκθεση σε νανοσωματίδια στο χώρο εργασίας	59
3.5	Έκθεση σε νανοσωματίδια με χρήση στον κατασκευαστικό τομέα	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: Η ΘΕΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ «ΕΞΥΠΝΩΝ» ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ		64
4.1	Εισαγωγή.....	64
4.2	Το ρυθμιστικό πλαίσιο των νανοϋλικών	65
4.2.1.	Η Αρχή της Προφύλαξης.....	65
4.2.2.	Διακυβέρνηση νανοτεχνολογίας	73
4.2.3.	Κανονιστικό πλαίσιο : Ευρωπαϊκή Ένωση	79
4.2.4.	Κανονιστικό πλαίσιο : Η.Π.Α.....	85
4.2.5.	Κανονιστικό πλαίσιο : Άλλες βιομηχανικές χώρες & χώρες με αναδυόμενες οικονομίες.....	87
4.3	Νομοθετικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια	88
4.3.1.	Στην Ε.Ε.....	88
4.3.2.	Στην Ελλάδα.....	93
4.4	Η εθνική νομοθεσία για τη χρήση υλικών στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα	94
4.5	Συμπερασματικές σκέψεις για την υφιστάμενη κατάσταση της εθνικής νομοθεσίας σχετικά με τη χρήση υλικών για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: «ΕΞΥΠΝΑ» ΥΛΙΚΑ & ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ		101
5.1	Οικοδομική δραστηριότητα στην Ελλάδα.....	101
5.2	Η έννοια της «αγοράς»	102
5.3	Επισκόπηση των «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά δομικών προϊόντων	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ :ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ & ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ.....		108
6.1	Εισαγωγή.....	108

6.2	Μεθοδολογία έρευνας	110
6.2.1.	Σχεδιασμός ερωτηματολογίου.....	110
6.2.2.	Ανάλυση αποτελεσμάτων- σύγκριση στοιχείων 2014/15 ως προς 2017.....	114
6.2.3.	Σχεδιασμός συνεντεύξεων	127
6.2.4.	Ανάλυση αποτελεσμάτων συνεντεύξεων.....	130
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	136
7.1	Συμπεράσματα από ερωτηματολόγια & συνεντεύξεις	136
7.2	Συμπεράσματα από Συνεντεύξεις	140
7.3	Γενικά συμπεράσματα και οδικός χάρτης.....	141
7.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	152
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	153
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	159

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή οι προκλήσεις και τα προβλήματα αποκτούν παγκόσμιες διαστάσεις: «καθαρές» μορφές ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τεχνολογίες που οδηγούν σε βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, αντιμετώπιση περιβαλλοντικών θεμάτων όπως π.χ. η ποιότητα του αέρα και του νερού, η ανακύκλωση των απορριμμάτων, η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου με διαγνωστικά εργαλεία μεγαλύτερης ακρίβειας, η ανακάλυψη νέων θεραπευτικών μεθόδων κ.α.

Οι περισσότερες από αυτές τις προκλήσεις σχετίζονται με το σχεδιασμό, σύνθεση, χαρακτηρισμό και παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα «έξυπνων» υλικών, δηλαδή υλικών που σχεδιάζονται έτσι ώστε να αλλάζουν οι ιδιότητές τους ελεγχόμενα και κατά τον επιθυμητό τρόπο. Η μεταβολή των ιδιοτήτων ενεργοποιείται με συγκεκριμένο εξωτερικό ερέθισμα (αλλαγή θερμοκρασίας, επιβολή εξωτερικής ηλεκτρικής τάσης, δύναμης, μαγνητικού πεδίου, αλλαγή σε pH ή στη συγκέντρωση χημικής ουσίας)

Ο όρος «έξυπνα» υλικά (smart materials) αναφέρεται σε υλικά που έχουν την εγγενή ικανότητα να αντιδρούν άμεσα σε ερεθίσματα που δέχονται από το περιβάλλον τους, χρησιμοποιώντας αυτή την ενέργεια για να αναδιατάξουν την εσωτερική τους δομή ή για να τη μετατρέψουν σε άλλη μορφή ενέργειας.

Αναβαθμίζονται σε «ευφυή», όταν πλέον έχουν αποκτήσει γρήγορη αντίληψη, κρίση και αυτόνομη ανταπόκριση σε περιβαλλοντικές συνθήκες, που είναι εξ' ορισμού δυναμικές, δηλαδή μεταβάλλονται συνεχώς ως προς τον χρόνο.

Παράλληλα, τα νανοϋλικά, δηλαδή υλικά με μοριακή δομή σε διαστάσεις της κλίμακας νάνο μπορεί να έχουν στατικές ιδιότητες (πιθανώς εξαιρετικές, πλην όμως αμετάβλητες) ή και δυναμικές ιδιότητες. Στη δεύτερη περίπτωση, τα νανοϋλικά αποτελούν υποκατηγορία των «έξυπνων» υλικών και έχουν την ικανότητα να αλλάζουν τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχονται από το περιβάλλον τους.

Η επιστήμη των νανοϋλικών και η νανοτεχνολογία προσφέρουν απίστευτες δυνατότητες στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη καινοτόμων «έξυπνων» υλικών νέας γενιάς που χρησιμοποιούνται στην αντιμετώπιση των παγκόσμιων προκλήσεων της σύγχρονης εποχής.

Η μετάβαση από τα παραδοσιακά «έξυπνα» υλικά (συμβατικών διαστάσεων) στα «έξυπνα» νανοϋλικά αναμένεται να οδηγήσει σε πολύ λειτουργικές εφαρμογές πρακτικού και κοινωνικού ενδιαφέροντος.

Τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά (μοριακή δομή κλίμακας νανο) θεωρούνται ως κινητήριοι μοχλός της τεχνολογικής επανάστασης του 21^{ου} αιώνα, με πολυδιάστατες εφαρμογές που εκτείνονται σε πολλά και διαφορετικά επιστημονικά πεδία, καθιστώντας τη διεπιστημονική προσέγγιση ως πάγια τακτική για την εξεύρεση λύσεων.

Την τελευταία δεκαετία, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναγνωρίζοντας την αυξανόμενη παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση και την κλιματική αλλαγή έχει εντάξει στην ενεργειακή της πολιτική, την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, που είναι εξαιρετικά ενεργοβόρος, θέτοντας συγκεκριμένους στόχους. Η απάντηση της τεχνολογίας στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια είναι διεπιστημονική. Επιστρατεύει υλικά και τεχνολογίες με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την υιοθέτηση ενός ορθολογικού προτύπου χρήσης ενέργειας από τους καταναλωτές. Τα «έξυπνα» υλικά, τα «έξυπνα» νανοϋλικά και προϊόντα νανοτεχνολογίας προσφέρουν ρηξικέλευθες λύσεις, που ανατρέπουν την κρατούσα αντίληψη για τα υλικά στον κατασκευαστικό τομέα, έναν τομέα ιδιαίτερα «συντηρητικό» και «αργό» στην υιοθέτηση καινοτόμων υλικών και τεχνικών. Η εξέλιξη της νανοτεχνολογίας είναι αλματώδης, ανοίγει νέες προοπτικές σε αμέτρητους τομείς όπως πχ υγεία, ενεργειακή διαχείριση, κατασκευές και ανέγερση κτιρίων, τη διαχείριση περιβάλλοντος κ.α και έχει κυριολεκτικά εισβάλει στην καθημερινότητά μας. Ταυτόχρονα όμως, όπως συμβαίνει πάντα με τις αναδύμενες τεχνολογίες, δημιουργεί και αβεβαιότητα ως προς τους κινδύνους για την υγεία και το οικοσύστημα που ενδεχομένως ελλοχεύουν. Αν και τα επιστημονικά δεδομένα σχετικά με την τοξικότητα των νανοσωματιδίων δεν είναι επαρκή, υπάρχουν ενδείξεις σχετικά με πιθανές βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία που οφείλονται στα εγγενή φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία με τις συμβατικές μεθόδους είναι δύσκολο να περιγραφούν. Η νανοτοξικολογία, όπως ονομάζεται, αναπτύσσεται με πολύ αργότερο ρυθμό από το ρυθμό ανάπτυξης των νανοϋλικών, τα οποία εξ' αντικειμένου μελετά. Σε αυτό το σημείο εμφανίζεται και το θεμελιώδες ερώτημα, όσον αφορά το ρυθμιστικό πλαίσιο των αναδύμενων τεχνολογιών: η εξεύρεση τρόπων να διαμορφωθεί ένα τοπίο διακυβέρνησης που να προάγει την καινοτομία ως βασικό πυλώνα αειφόρου ανάπτυξης, αλλά παράλληλα να προφυλάσσει τους πολίτες και το περιβάλλον από αναδυόμενους δυνητικούς κινδύνους.

Το ρυθμιστικό πλαίσιο δηλαδή ουσιαστικά οφείλει να λειτουργεί ως διεπιφάνεια μεταξύ της αναδυόμενης τεχνολογίας όπως πχ η νανοτεχνολογία, της κοινωνίας και της πολιτικής με στόχο τη δημιουργία ενός τοπίου διακυβέρνησης.

Η βιβλιογραφία στο θέμα των «έξυπνων» υλικών στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και το ρυθμιστικό πλαίσιο είναι ξενόγλωσση, εξαιρετικά περιορισμένη και περιλαμβάνει κυρίως άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά, κείμενα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και μη κυβερνητικών οργανώσεων αναρτημένα στο Διαδίκτυο, λιγοστά βιβλία. Η Ελληνική βιβλιογραφία είναι σχεδόν ανύπαρκτη.

Αντίθετα η βιβλιογραφία στα «έξυπνα» νανοϋλικά και προϊόντα νανοτεχνολογίας είναι ελαφρώς πλουσιότερη και κυρίως το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο αναφέρεται σε νανοϋλικά και όχι σε «έξυπνα» υλικά. Κατ'αναλογία και στην εργασία δίνεται έμφαση στην υποκατηγορία των «έξυπνων» υλικών, αυτή των νανοϋλικών και των προϊόντων νανοτεχνολογίας. Διευκρινίζεται βέβαια ότι δεν συνιστούν όλα τα «έξυπνα» υλικά απαραίτητως και νανοϋλικά, όπως και ούτε όλα τα νανοϋλικά είναι «έξυπνα». Η περίπτωση όμως της τομής των «έξυπνων» υλικών με τη νανοτεχνολογία είναι αυτή που εμφανίζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο πλαίσιο της διεπιστημονικής θεώρησης. Έτσι οι ειδικότερες εφαρμογές της παραπάνω τομής στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αποκτούν νέες διαστάσεις, ενώ η συσχέτιση του ρυθμιστικού πλαισίου κατά κύριο λόγο με τα νανοϋλικά επιτρέπει τη μελέτη του υπό άλλο πρίσμα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλύσει τα στοιχεία που διαφοροποιούν τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά σε σχέση με τα παραδοσιακά υλικά που χρησιμοποιούνται στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και να περιγράψει το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο για τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά, ώστε να εντοπίσει πιθανές παραμέτρους για τον εμπλουτισμό του. Παράλληλα, γίνεται διερεύνηση των τάσεων και των προοπτικών της Ελληνικής αγοράς των «έξυπνων» υλικών που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μέσω ποιοτικής έρευνας, με σκοπό να εντοπιστούν οι παράγοντες που μπορούν να προωθήσουν ή παρεμποδίζουν τη χρήση τους στον κατασκευαστικό τομέα. Επίσης γίνεται ποιοτική διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο βλέπουν/αντιλαμβάνονται τα υλικά αυτά οι εμπλεκόμενοι φορείς της «αγοράς», του επιπέδου αναγνωρισιμότητας, του επιπέδου εφαρμογής «έξυπνων» υλικών και της πρόθεσης αγοράς.

Στα πρώτα δύο κεφάλαια αναλύεται η έννοια των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών, τα διαφορετικά είδη, οι εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς και ειδικότερα στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Τα τρίτο κεφάλαιο εξηγεί τι είναι νανοτοξικολογία, πως προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας αυτού του νέου επιστημονικού πεδίου και η επιστημονική διαμάχη σχετικά με το αν υπάρχουν κίνδυνοι λόγω εισόδου των νανοσωματιδίων στον οργανισμό, είτε στην πύλη εισόδου, είτε σε δευτερεύοντα όργανα.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, την ενεργειακή απόδοση, τις χημικές ουσίες και τα νανοϋλικά. Πώς δημιουργήθηκε, σε ποιες αρχές βασίστηκε, ποιες είναι οι προκλήσεις που καλούνται οι αρμόδιοι φορείς σε παγκόσμιο επίπεδο να αντιμετωπίσουν λόγω της ιδιαιτερότητας των νανοϋλικών. Έμφαση δίνεται στην ελληνική νομοθετική πραγματικότητα και εντοπίζονται οι ιδιαιτερότητες και οι τυχόν ελλείψεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της «αγοράς» των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών στον κατασκευαστικό τομέα, ποιοι είναι οι εμπλεκόμενοι φορείς και γίνεται επισκόπηση των λιγοστών «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας με εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά των δομικών προϊόντων, η οποία έχει συρρικνωθεί λόγω της μειωμένης οικοδομικής δραστηριότητας και της οικονομικής ύφεσης.

Το έκτο κεφάλαιο περιγράφει το σχεδιασμό και τα αποτελέσματα ποιοτικής έρευνας (ημι-δομημένες συνεντεύξεις) και ερωτηματολογίων προκειμένου να διερευνηθεί η δυναμική της αγοράς αυτή που βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο. Ο στόχος μας ήταν να συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με τη στάση των εμπλεκόμενων φορέων της «αγοράς», αν τα γνωρίζουν, ποιες είναι οι κύριες πηγές πληροφόρησης αν τα χρησιμοποιούν, αν έχουν την πρόθεση να αγοράσουν καινοτόμα υλικά, κίνητρα για την προώθηση τους. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν υπάρχουν στοιχεία από άλλη έρευνα αγοράς σχετικά με τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά στην Ελλάδα. Τα λιγοστά στοιχεία που υπάρχουν στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία προέρχονται από χώρες που διαθέτουν μεγάλη παραγωγική δυναμικότητα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν με βάση τη θεωρητική ανάλυση του ρυθμιστικού πλαισίου και από την ποιοτική έρευνα περιγράφονται στο έβδομο κεφάλαιο, μετατρέπονται σε επιμέρους στόχους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία

οδικού χάρτη για την προώθηση των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΞΥΠΝΑ ΥΛΙΚΑ & ΥΛΙΚΑ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

1.1 Η έννοια της διάδρασης υλικών και περιβάλλοντος

Τα υλικά σήμερα δεν οριοθετούνται μέσω δύο ή τριών διαστάσεων, αλλά εν δυνάμει περιγράφονται με τέσσερις ή ακόμα και πέντε διαστάσεις. Δεν αποτελούν δηλαδή, απλά επιφάνειες που καλύπτουν ένα κτίριο ή καταλαμβάνουν χώρο, αλλά μπορούν να μεταβάλλουν τις ιδιότητες τους με το χρόνο και επιπλέον να μεταφέρουν ή να μεταδίδουν και πληροφορία (Σταυρίδου, 2006). Η παραπάνω προσέγγιση προσδίδει δυναμικά στοιχεία σε υλικά- συμβατικά ή υψηλών προδιαγραφών- που παραδοσιακά ήταν γνωστά ως στατικά (με ιδιότητες που παραμένουν σταθερές και αμετάβλητες στο χρόνο ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται, εκτός ίσως από κάποια υποβάθμιση λόγω φυσικής φθοράς). Η σχέση μεταξύ υλικών και περιβάλλοντος εξελίσσεται και γίνεται πλέον διαδραστική, ενώ τα υλικά χαρακτηρίζονται είτε ως «έξυπνα» είτε ως «ευφυή».

1.2 Ορισμός

Αν και τα υλικά που χαρακτηρίζονται ως «έξυπνα» έχουν κάνει την εμφάνισή τους γύρω στο 1980, η διατύπωση ενός γενικά αποδεκτού ορισμού έχει αποδειχθεί πιο δύσκολη από το αναμενόμενο. Στη βιβλιογραφία, οι όροι «έξυπνο» και «ευφυές», είτε χρησιμοποιούνται εναλλακτικά τόσο για υλικά όσο και για συστήματα, είτε γίνεται σαφής διαχωρισμός με βάση τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης. Κατά την Εγκυκλοπαίδεια της Χημικής Τεχνολογίας (Encyclopedia of Chemical Technology) πρόκειται για υλικά ή δομές που αντιλαμβάνονται τυχόν αλλαγές στο περιβάλλον τους, επεξεργάζονται την αισθητηριακή πληροφορία και ανταποκρίνονται αναλόγως. Ο όρος «έξυπνος» περιλαμβάνει τις έννοιες της εγρήγορσης, της εμπειριστατωμένης αντίδρασης και της ταχύτητας. Ο όρος «ευφυής» συνδέεται περισσότερο με την ικανότητα για μάθηση, την ταχύτητα στην αντίληψη, και την ευθυκρισία.

Τα «έξυπνα» υλικά συχνά χρησιμοποιούνται στις «έξυπνες» δομές ή σε «έξυπνα» συστήματα που έχουν δυνατότητα ανίχνευσης και ενεργοποίησης (μέσω αισθητήρων

και ενεργοποιητών είτε ενσωματωμένων σε κάποιο δομικό υλικό είτε συνδεδεμένων στην επιφάνεια του υλικού) ή και ελέγχου (που επιτρέπει στο υλικό να ανταποκριθεί σε ένα εξωτερικό ερέθισμα με προσχεδιασμένο αλγόριθμο).

Τα «έξυπνα» υλικά αναβαθμίζονται σε «ευφυή», όταν πλέον έχουν αποκτήσει γρήγορη αντίληψη, κρίση και αυτόνομη ανταπόκριση σε περιβαλλοντικές συνθήκες, που είναι εξ' ορισμού δυναμικές, δηλαδή μεταβάλλονται συνεχώς ως προς τον χρόνο (Cao et.al., 1999).

1.3 Είδη «έξυπνων» υλικών

Η «εξυπνάδα» των υλικών εκδηλώνεται με δύο κυρίως μηχανισμούς απόκρισης σε κάποιο εξωτερικό ερέθισμα.

Ο πρώτος μηχανισμός έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της εσωτερικής ενέργειας του υλικού, που προκαλεί μεταβολή της μοριακής δομής ή της μικροδομής του, η οποία μεταβολή μεταφράζεται σε αλλαγή κάποιας ιδιότητας του υλικού (*«έξυπνα» υλικά τύπου I*).

Ο δεύτερος μηχανισμός έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή στην ενεργειακή κατάσταση του υλικού ή του εξαρτήματος με αποτέλεσμα την ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον του (*«έξυπνα» υλικά τύπου II*), χωρίς όμως να αλλάζουν οι ιδιοτητές του. Το υλικό ή το εξάρτημα δέχεται κάποια μορφή ενέργειας και -τη μετασχηματίζει σε μία άλλη.

Τα «έξυπνα» υλικά τύπου I έχουν τουλάχιστον μία ή και περισσότερες εγγενείς ιδιότητες (πχ φυσικές, μηχανικές, θερμικές, οπτικές ή ηλεκτρομαγνητικές) που μπορούν να μεταβάλλονται κατά τρόπο προβλέψιμο, άμεσο και αναστρέψιμο, όταν δεχθούν κάποιο εξωτερικό ερέθισμα πχ μηχανικά φορτία, αλλαγή θερμοκρασίας, υγρασίας, pH ή την επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου κλπ.

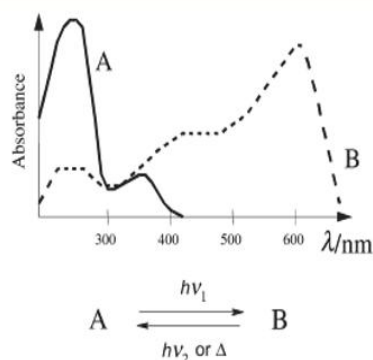
Ως παραδείγματα «έξυπνων» υλικών τύπου I ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- **Θερμοχρωμικά** (αλλάζουν χρώμα λόγω απορρόφησης θερμότητας που χρησιμεύει, είτε για την ενεργοποίηση κάποιας χημικής αντίδρασης, είτε για

μετασχηματισμό φάσης). Χρησιμοποιούνται σε μεμβράνες για θερμομέτρα, συσκευές ελέγχου μπαταριών κ.α..

Το ενδεχόμενο αποκλειστικής χρήσης θερμοχρωμικών χρωμάτων στην εξωτερική τοιχοποιία κτιρίων, αν και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αντιμετωπίζει προς το παρόν ένα βασικό εμπόδιο. Η έκθεση των θερμοχρωμικών χρωμάτων στην υπεριώδη ακτινοβολία οδηγεί σε αποικοδόμηση του υλικού και κατά συνέπεια σε απώλεια της θερμοχρωμικής ιδιότητάς τους.

- **Φωτοχρωμικά** (αλλάζουν χρώμα όταν εκτίθενται στο φως ή όταν αλλάζουν οι συνθήκες φωτισμού). Υπό την επίδραση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, τα υλικά αυτά εναλλάσσονται μεταξύ δύο μορφών Α και Β διαφορετικής ενεργειακής κατάστασης και με διαφορετικά φάσματα απορρόφησης κατά τρόπο αντιστρεπτό, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1 (Zmija & Malachowski, 2010)



Εικόνα 1.1 Φάσματα απορρόφησης των φωτοχρωμικών υλικών Α και Β

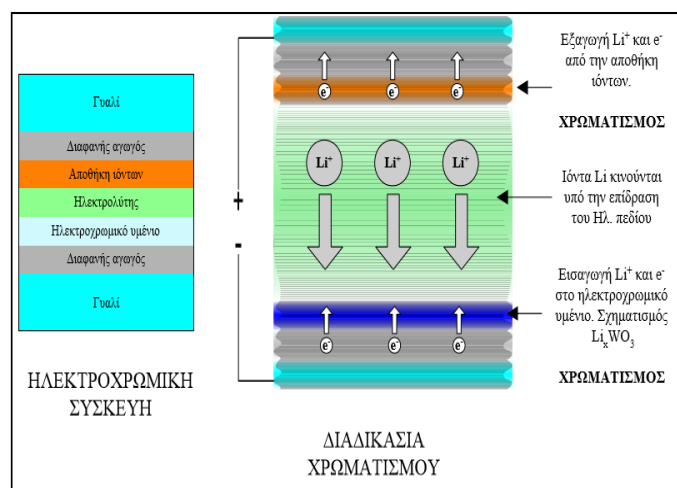
Χρησιμοποιούνται σε ευρύ φάσμα εφαρμογών π.χ. ως υλικά για γυαλιά ηλίου που αλλάζουν χρώμα ή ως υλικά επεξεργασίας υαλοπινάκων και προσόψεων με στόχο να θέσουν υπό έλεγχο το όφελος από την ηλιακή ακτινοβολία και να μειώσουν την αντηλία. Στα φωτοχρωμικά παράθυρα, το μειονέκτημα που παρατηρείται είναι πως δεν μπορούν να αξιοποιήσουν όλο το ποσό θερμότητας που δέχονται λόγω ηλιακής ακτινοβολίας, διότι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το παράθυρο δεν αντιστοιχεί στο ποσό της θερμότητας που αυτό απορροφά. Επίσης η τεχνολογία αυτή φαίνεται πως αποδίδει περισσότερο σε μικρού μεγέθους κομμάτια υάλου.

- **Ηλεκτροχρωμικά** (αλλάζουν χρώμα όταν εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση, μέσω αντίδρασης οξειδοαναγωγής, που γίνεται στην επιφάνεια του υλικού και προκαλεί αλλαγή της μοριακής του δομής, άρα και των οπτικών ιδιοτήτων του).

Χρησιμοποιούνται στα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα, όπου η εφαρμογή τάσης κάνει το φωτεινό υλικό να γίνεται πιο σκούρο και επανέρχεται στην αρχική φωτεινότητα αντιστρέφοντας την τάση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω επάλληλων στρωμάτων υλικών ανάμεσα σε δύο διαφανή και ηλεκτρικά αγωγίμα υμένια. Μια τυπική μορφή ηλεκτροχρωμικής διάταξης αποτελείται από :

Γυαλί/αγώγιμη επίστρωση /ηλεκτροχρωμικό υλικό/αγωγό ιόντων/αποθήκη ιόντων/ αγώγιμη επίστρωση/γυαλί

Με την εφαρμογή ηλεκτρικής τάσης εισάγονται στο ηλεκτροχρωμικό υμένιο (οξείδια μετάλλων μετάπτωσης π.χ οξείδιο βολφραμίου WO_3) κατιόντα λιθίου Li^+ από τον ηλεκτρολύτη και ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα όπως φαίνεται στην εικόνα 1.2. Η μεταβολή στην ηλεκτρονιακή πυκνότητα του ηλεκτροχρωμικού υμενίου προκαλεί και αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων του (Παπαευθυμίου κ. συν., 2006) .

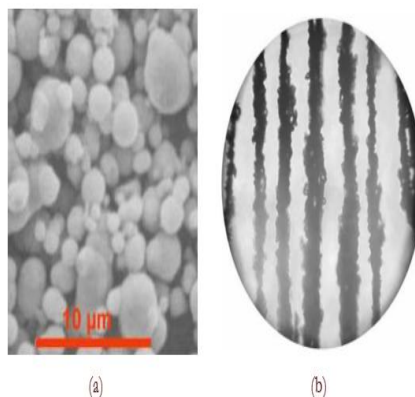


Εικόνα 1.2 Ηλεκτροχρωμική διάταξη

- **Μαγνητορρολογικά** Τα υλικά αυτά αποτελούνται συνήθως από φερρομαγνητικά σωματίδια (π.χ σιδήρου) που αιωρούνται σε ένα ρευστό και αλλάζουν ρεολογικά χαρακτηριστικά (ιξώδες) υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου καθώς γίνεται αναδιάταξη των σωματιδίων και ευθυγράμμιση των

μοριακών αλυσίδων σύμφωνα με τη μαγνητική ροή, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3. Η αύξηση του ιξώδους είναι τόσο ραγδαία ώστε μέσα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms) το ρευστό να μετατρέπεται σε ιξωδοελαστικό στερεό, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.4. (Talbot, 2003)

Χρησιμοποιούνται σε αποσβεστήρες κραδασμών στα αυτοκίνητα, σε γέφυρες για την απόσβεση ταλαντώσεων λόγω ανέμου, ως αντισεισμική προστασία σε κτίρια κλπ.



Εικόνα 1.3 Μικροφωτογραφία μαγνητορρολογικών ρευστών (a): απουσία μαγνητικού πεδίου, όπου τα σωματίδια είναι τυχαία διεσπαρμένα και (b): υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου, όπου οι αλυσίδες του σιδήρου (υψηλής καθαρότητας) είναι διατεταγμένες παράλληλα

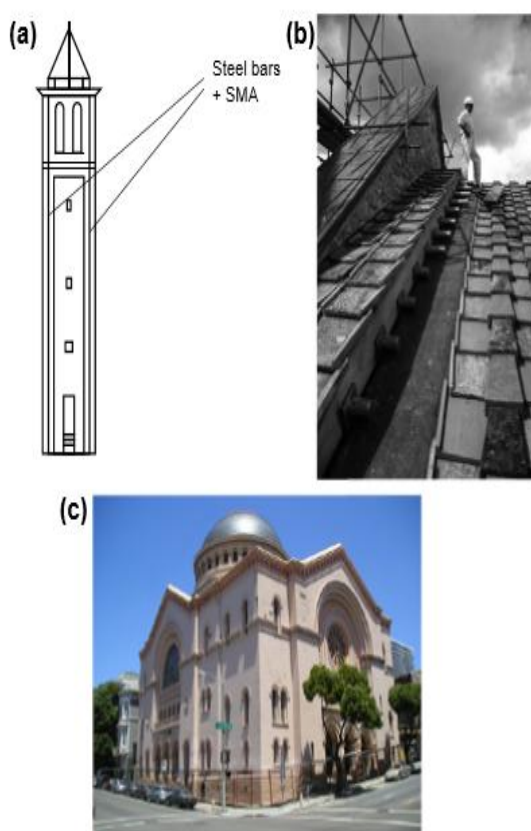


Εικόνα 1.4 Μαγνητορρολογικό ρευστό υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου υφίσταται σκλήρυνση

- **Μνήμης σχήματος** κράμα, κεραμικό, πολυμερές ή γέλη επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα υπό την επίδραση θερμότητας λόγω αναδιάταξης των μορίων του, που είναι γνωστή ως μετασχηματισμός φάσης και η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία και είναι πλήρως αναστρέψιμη. Τα κράματα

μνήμης σχήματος π.χ. μορφοποιούνται σε υψηλή θερμοκρασία, υφίστανται έντονη παραμόρφωση -φαινομενικά πλαστική, δηλαδή μόνιμη- σε χαμηλή θερμοκρασία κατά τη χρήση, η οποία όμως αναιρείται και τα κράματα επανέρχονται στο αρχικό τους σχήμα αφού θερμανθούν.

Χρησιμοποιούνται στην αεροναυπηγική, ιατρική, οδοντιατρική, ρομποτική, υλικά ενίσχυσης τσιμέντου που ανιχνεύουν και επιδιορθώνουν ρωγμές .



Εικόνα 1.5 Εφαρμογές υλικών μνήμης σχήματος : (α)καμπαναριό του Αγίου Γεωργίου (b). βασιλική του Αγίου Φραγκίσκου της Ασσίζης (c). Συναγωγή Shearith Israel

Στην εικόνα 1.5 παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές των υλικών μνήμης σχήματος στην Ιταλία και συγκεκριμένα (a): το καμπαναριό του San Giorgio, (b): τη βασιλική του Αγίου Φραγκίσκου της Ασσίζης και στο Σαν Φρανσίσκο (c): τη μετασκευή της συναγωγής Shearith Israel

Τα «έξυπνα» υλικά τύπου II μπορούν να μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη άμεσα και αναστρέψιμα. Για να γίνει αυτό βασική προϋπόθεση είναι να δημιουργηθεί διαφορά ανάμεσα στο ενεργειακό επίπεδο του υλικού και του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται. Όταν ένα υλικό ή πιο σωστά ένα άτομο δεχθεί ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική, χημική κ.α.), αυτή απορροφάται από τα ηλεκτρόνια (που βρίσκονται σε συγκεκριμένες ενεργειακές θέσεις) τα οποία μεταπηδούν σε υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα ή ενεργειακές στάθμες. Τα ηλεκτρόνια όμως δεν μπορούν να παραμείνουν στη διεγερμένη κατάσταση και γι' αυτό το λόγο εκπέμπουν την περίσσεια ενέργειας και επιστρέφουν στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση.

Ως παραδείγματα τέτοιων υλικών ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- **Φωτοβολταϊκά** (μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω επαφής ή ημιαγωγικής επαφής p-n. Κατά την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας υπό μορφή φωτονίων, τα φωτόνια που προσπίπτουν στη διάταξη του Φ/Β κελιού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου p αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής. Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής n πλέον έχουμε περίσσεια ηλεκτρονίων που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε. Αυτή η περίσσεια των ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως ένας μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω της επαφής p και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει ένας αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται).

Χρησιμοποιούνται στο εξωτερικό κτιρίων πχ στην οροφή (παράδειγμα ανακαίνισης κτιρίου με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με Φ/Β -300MWh σε ένα έτος-είναι η αίθουσα του Πάπα Παύλου VI στο Βατικανό, εικόνα 1.6 σε παράθυρα και στην οροφή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, (Pagliaro et al., 2010).



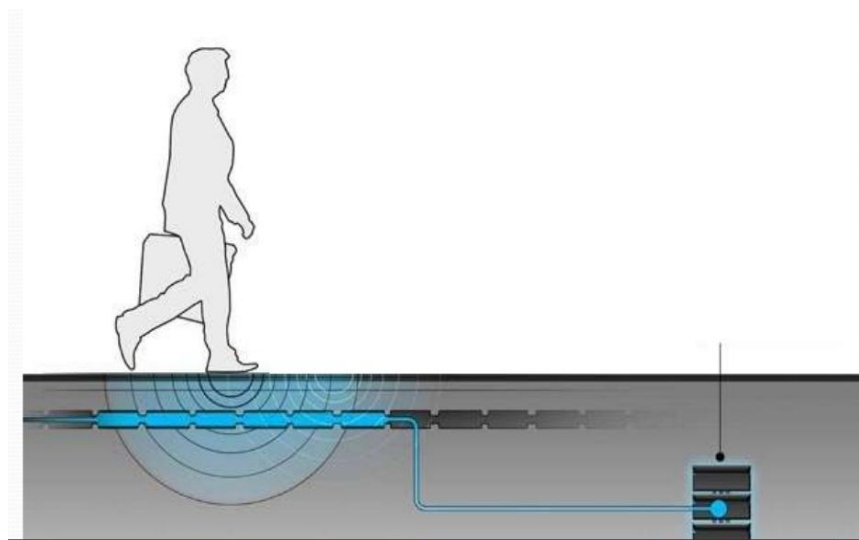
Εικόνα 1.6 Φωτοβολταϊκά πάνελ στην Αίθουσα του πάπα Παύλου VI στο Βατικανό

- **Θερμοηλεκτρικά** (μετατρέπουν τις διαφορές θερμοκρασίας σε ηλεκτρική τάση και λειτουργούν ως αντλία θερμότητας.)

Χρησιμοποιούνται στην ψύξη ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, σε όργανα ακριβείας και ελέγχου στην αυτοκινητοβιομηχανία ως ψυκτικές διατάξεις, σε ψύκτες νερού, αναψυκτικών κ.α

- **Πιεζοηλεκτρικά** (όταν δεχθούν μηχανική τάση ή ταλάντωση παράγουν ηλεκτρική τάση)

Χρησιμοποιούνται σε αισθητήρες και μικρούς ενεργοποιητές, όπου μια μικρή ηλεκτρική τάση προκαλεί την κίνηση ενός εξαρτήματος το οποίο ελέγχει κάτι άλλο πχ μια βαλβίδα, σε χιονοπέδιλα με σύστημα απόσβεσης κραδασμών, σε ψησταριές υγραερίου στο κουμπί ανάφλεξης, σε κουδούνια πόρτας κ.α. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε εναλλακτικές μορφές παραγωγής ενέργειας σε μορφή πλακών που τοποθετούνται κάτω από το οδόστρωμα ή το πεζοδρόμιο (έχει εφαρμοστεί στην Τουλούζη της Γαλλίας όπου η ενέργεια από τις δονήσεις που προκαλούν οι πεζοί χρησιμοποιείται για να διατηρούνται ανοικτά τα φώτα του δρόμου) όπως φαίνεται στην εικόνα 1.7



Εικόνα 1.7 Η ενέργεια από τις δονήσεις που προκαλούν οι πεζοί με το περπάτημά τους χρησιμοποιείται για την φόρτιση μπαταριών λιθίου

- **Ηλεκτρο-συστολικά** (υπό την επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος αλλάζουν σχήμα ή διαστάσεις. Η παραμόρφωση είναι ανάλογη του τετραγώνου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι για την ίδια ηλεκτρική τάση η παραμόρφωση του υλικού είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα πιεζοηλεκτρικά υλικά)

Χρησιμοποιούνται σε υαλοκαθαριστήρες, τεχνητούς μύες, συστήματα προσγείωσης αεροσκαφών κ.α. (Addington & Schodek, 2005)

1.4 Τομείς Εφαρμογών «έξυπνων» υλικών

Οι εφαρμογές των «έξυπνων» υλικών εκτείνονται στους περισσότερους, αν όχι σε όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας. Αφορούν π.χ. στον τομέα των μεταφορών, της γεωργίας, της συσκευασίας τροφίμων, της υγείας, του αθλητισμού, της άμυνας, των κατασκευών, της διαχείρισης ενέργειας και περιβάλλοντος. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

- **Τομέας Μεταφορών**

-Αυτοκινητοβιομηχανία (αυτο-επισκευαζόμενα υλικά με μνήμη σχήματος, ενεργές επιφάνειες οχημάτων όπως σπόϊλερ και εισαγωγές αέρα, ηλεκτροχρωμικά υλικά για

τον αυτόματο φωτισμό και τον έλεγχο της θερμότητας πχ σε καθρέφτες ή πίσω τζάμια

-Αεροναυπηγική (ανάπτυξη έξυπνων υλικών και συστημάτων για στρατιωτικούς σκοπούς σε Η.Π.Α. σε συστήματα ελέγχου μηχανών, συστήματα ανίχνευσης ζημιών, συστήματα διάγνωσης βλάβης στα κιβώτια ταχυτήτων ελικοπτέρων μέσω σημάτων δόνησης κλπ).

- **Τομέας Υγείας - Βιοϊατρικές εφαρμογές**

-Πολύ-ηλεκτρολύτες σε μορφή γέλης για χρήση σε τεχνητούς μύες ή συστήματα ελεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμάκων)

-Βιοαισθητήρες με ικανότητα ανίχνευσης επιπέδων σακχάρου αίματος και αυτόματη διοχέτευση ινσουλίνης μέσω αντλίας)

-Τεχνολογία αισθητήρων για την αποτίμηση της ενσωμάτωσης και λειτουργικότητας των εμφυτευμάτων

-Ορθοπεδικά εμφυτεύματα που αντιλαμβάνονται εάν ένα κάταγμα έχει αποκατασταθεί και δίνουν την πληροφορία στον χειρουργό

-Υποκατάστατα αρθρώσεων που ειδοποιούν σε περίπτωση που χαλαρώσουν ή παρουσιαστεί φλεγμονή ή σε επόμενο στάδιο επιδιορθώνουν τη βλάβη που έχουν εντοπίσει

- «Έξυπνα» ικριώματα με ελεγχόμενη δομή για μηχανική ιστών

-Αισθητήρες για την ακριβή ενεργοποίηση γονιδίων και τον έλεγχο της ανάπτυξης των κυττάρων και των ιστών

-Συστήματα που διασφαλίζουν την ασφάλεια και την άνεση του ανθρώπου σε ένα παγκόσμιο τοπίο που ο πληθυσμός γερνάει με αυξανόμενο ρυθμό πχ συστήματα με αισθητήρες που ανιχνεύουν τη συμπεριφορά και εξασφαλίζουν ότι ο πάσχων από άνοια μπορεί να συνεχίσει να ζει στο σπίτι του με ασφάλεια και άνεση

-Λειτουργικές βιομιμητικές μεμβράνες οι οποίες μιμούνται τις κυτταρικές μεμβράνες

-Βιοαποικοδομήσιμα «έξυπνα» βιοϋλικά με βιοδραστικές επιφάνειες και ελεγχόμενους ρυθμούς αποικοδόμησης

-Βιοϋλικά που ενεργοποιούν γονίδια ειδικά σχεδιασμένα για συγκεκριμένες ασθένειες

-Βιοϋλικά ικανά να διαπερνούν το δέρμα και τα βλεννώδη επιθήλια που είναι φορείς φαρμακευτικών ουσιών παρακάμπτοντας την παραδοσιακή χορήγηση φαρμάκων με ένεση (Κυπαρισσίδης κ. συν., 2008).

- **Τομέας τροφίμων**

Μείωση της σπατάλης τροφίμων και επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των τροφίμων με χρήση «έξυπνων» υλικών που αλλάζουν χρώμα όταν αυξηθεί η συγκέντρωση ανεπιθύμητων χημικών ουσιών ή βακτηρίων ή αλλάζουν χρώμα όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης βγει εκτός επιτρεπτών ορίων (Susmita, 2013)

- **Τομέας διαχείρισης αποβλήτων**

Συστήματα μηχανικών συνδέσμων από υλικά μνήμης σχήματος που διαχωρίζουν τα επικίνδυνα και ανακυκλώσιμα υλικά από τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού όταν θερμαίνονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

1.5 Υλικά Νανοτεχνολογίας - Ορισμός

Τα «έξυπνα» υλικά αν και δεν έχουν απαραίτητα μοριακές διαστάσεις της κλίμακας νάνο, συχνά χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές νανοτεχνολογίας όπως ονομάζεται, δημιουργώντας την επόμενη γενιά «έξυπνων» υλικών. Αυτά τα καινοτόμα υλικά μπορούν να έχουν στη δομή τους ενσωματωμένους νανο-αισθητήρες, νανο-υπολογιστές και νανο-μηχανές.

Τα υλικά με διαστάσεις της κλίμακας νάνο μπορεί να έχουν στατικές ιδιότητες (εξαιρετικές μεν, πλην όμως αμετάβλητες) ή και δυναμικές ιδιότητες. Στη δεύτερη περίπτωση, τα νανοϋλικά αποτελούν υποκατηγορία των «έξυπνων» υλικών και έχουν την ικανότητα να αλλάζουν τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχονται από το περιβάλλον τους (πχ θερμοτροπικά, χρωμογενή κ.α.) (Casini, 2016).

Τα «έξυπνα» υλικά με δομή κλίμακας νάνο (nanoscaled smart materials) εμφανίζουν ιδιότητες που εξαρτώνται από τις διαστάσεις και την ικανότητα να γίνονται σύμπηγμα (ομάδα χαλαρά συνδεδεμένων σωματιδίων λόγω ελκτικών δυνάμεων συνάφειας), που με τη σειρά τους μπορεί να εξαρτώνται από εξωτερικά ερεθίσματα (πχ σιδηρορευστά που έχουν ρεολογικές ιδιότητες υγρού και μαγνητικές ιδιότητες ρευστού, κβαντικές τελείες

καδμίου-σεληνίου, φουλλερένια C60 κ.α.). Παράγονται με διαθρωτική μοντελοποίηση (structural patterning) σε κλίμακα νάνο υλικών γνωστής χημικής συμπεριφοράς (Vicari, 2015). Και λόγω της δομής σε κλίμακα νάνο δημιουργούν νέους τομείς στη φυσική (εμφανίζουν διαφορετικό χρώμα, διαφάνεια, σκληρότητα, μαγνητικές ιδιότητες, ηλεκτρική αγωγιμότητα), χημεία (εμφανίζουν νέα σημεία τήξης, δραστηριότητα, καταλυτικές ιδιότητες), βιολογία (εμφανίζουν καινοφανείς τάσεις για αυτοοργάνωση, αυτοθεραπεία, προσαρμογή, αναγνώριση) (Rubahn H.G, 2003).

Η νανοτεχνολογία ορίζεται ως η επιστήμη-μηχανική-τεχνολογία- της ύλης σε διαστάσεις της κλίμακας νάνο, δηλαδή ενός δισεκατομμυριοστού του μέτρου 10^{-9} m. Θεωρητικά λοιπόν, μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στους επιστήμονες να ελέγχουν τη σύνθεση μορίων και ατόμων διαστάσεων από 100nm μέχρι και 1 nm, κάτι που ανατρέπει εντελώς τον παραδοσιακό τρόπο σχεδιασμού και παραγωγής των προϊόντων και οδηγεί σε καινοτόμα υλικά ή κατασκευές με μοναδικές φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες που διαφέρουν πολύ από αυτές των ομολόγων τους στις κανονικές διαστάσεις.

Το εύρος μεγέθους από 1 έως 100nm, χρησιμοποιείται πιο συχνά στις βιβλιογραφικές αναφορές, περισσότερο κατά σύμβαση, μια και δεν υπάρχει κάποια ξεκάθαρη διαχωριστική γραμμή που να οριοθετεί τη νανοκλίμακα από χημικής ή βιολογικής πλευράς.

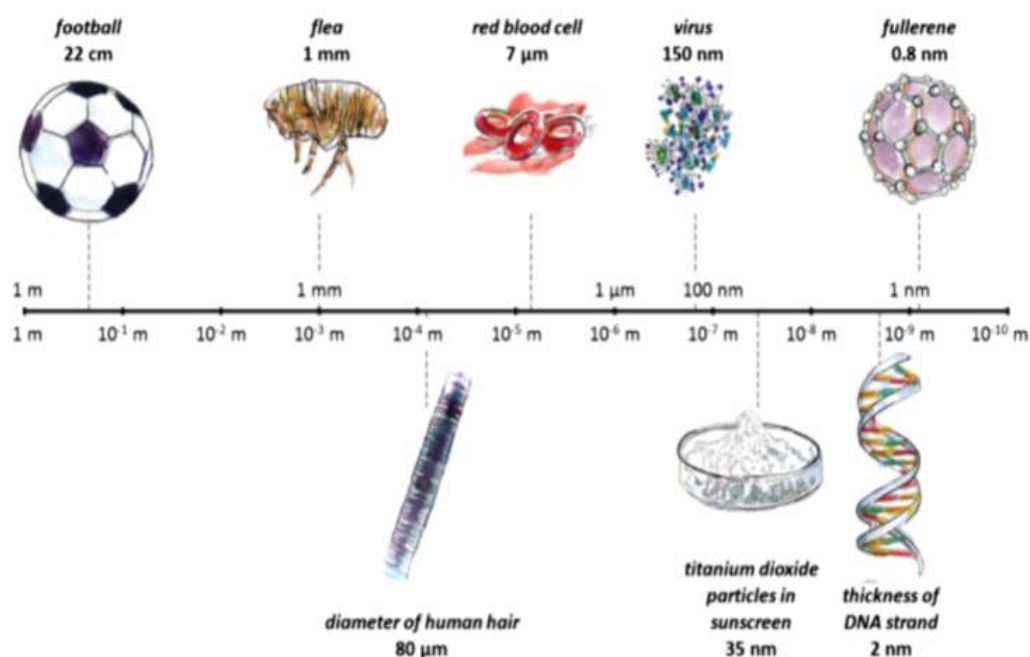
Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλοί και διαφορετικοί ορισμοί για το τι είναι νανοϋλικά, μάλιστα συχνά αναφέρονται σε συγκεκριμένες εφαρμογές πχ ορισμός που ισχύει για νανοϋλικά σε καλλυντικά, σε τρόφιμα κλπ. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνονται στους ορισμούς έννοιες όπως πχ συσσωμάτωμα, σωματίδιο που προκύπτει από τη σύνδεση άλλων σωματιδίων με κοινή κρυσταλλική δομή (aggregates) και σύμπηγμα, δηλαδή ομάδα χαλαρά συνδεδεμένων σωματιδίων λόγω ελκτικών δυνάμεων συνάφειας (agglomerates), ή και κατανομή μεγέθους, κατανομή βάρους κ.α (Boverhof, et al., 2015) (Walter, 2013).

Το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε σύσταση για τον ορισμό των νανοϋλικών, σύμφωνα με την οποία:

«Ως ‘Νανοϋλικό’ ορίζεται ένα φυσικό, μεταποιημένο ή παρεμπίπτον υλικό που περιέχει σωματίδια, σε μη δεσμευμένη μορφή ή ως σύμπηγμα ή ως συσσωμάτωμα και του οποίου ποσοστό τουλάχιστον 50% των σωματιδίων στην αριθμητική κατανομή μεγέθους έχει μία

ή περισσότερες εξωτερικές διαστάσεις σε κλίμακα μεγέθους 1 nm – 100 nm.» «Φουλλερένια, νιφάδες γραφενίου και νανοςωλήνες άνθρακα μονού τοιχώματος με μία ή περισσότερες διαστάσεις κάτω από 1 nm θεωρούνται νανοϋλικά.» (EC, L275, 2011)

Για να αντιληφθεί κανείς το μέγεθος των νάνο- υλικών αρκεί να σκεφτεί πως η διατομή μια ανθρώπινης τρίχας είναι περίπου 80.000nm, στην οποία θα μπορούσαν να ενσωματωθούν περίπου 1.600 νανο-κατασκευές, διατομής 50nm έκαστη ή πως ένα ερυθρό αιμοσφαίριο είναι περίπου 7.000nm. Στην εικόνα 1.8 δίνονται προς σύγκριση οι διαστάσεις αντικειμένων/υλικών/κυττάρων/ιών/ κ.α



Εικόνα 1.8 Σύγκριση των διαστάσεων διαφορετικών «αντικειμένων» (Devasahayam, 2017)

Η νανοτεχνολογία βρίσκει εφαρμογές στη βιοτεχνολογία, στην πληροφορική, στον τομέα της υγείας, της αγροτικής ανάπτυξης, της ιατρικής, της διαχείρισης ενέργειας, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην κοσμετολογία, στον αθλητισμό, στην τεχνολογία αντιρρύπανσης του περιβάλλοντος κ.α. Κάποιοι μάλιστα θεωρούν τη νανοτεχνολογία ως τη νέα τεχνολογική επανάσταση του 21^{ου} αιώνα. Και όπως σε κάθε επανάσταση, οι εξελίξεις είναι ταχύτατες και αλλάζουν ριζικά τους τεχνολογικούς τομείς στους οποίους αναφέρονται, αλλά και την αντίληψη του ανθρώπου για την τεχνολογία, τις

δυνατότητές του, τις ανάγκες και συνήθειές του, την κοινωνία στην οποία ζει και τον τρόπο με τον οποίο αυτή λειτουργεί.

1.6 Υλικά νανοτεχνολογίας- Ιδιότητες

Οι ιδιότητες των νανοϋλικών διαφέρουν σημαντικά από τις ιδιότητες των ομολόγων υλικών σε κανονικές διαστάσεις λόγω:

- αυξημένης ειδικής επιφάνειας σε σχέση με την ίδια μάζα υλικού μεγαλύτερου σχήματος

Και

- κβαντικών φαινομένων που εμφανίζονται πιο έντονα σε υλικά στη νανοκλίμακα επηρεάζοντας τις ηλεκτρικές, οπτικές και μαγνητικές ιδιότητες τους.

Για να γίνει κατανοητή η επίδραση του μεγέθους των σωματιδίων στην ειδική επιφάνεια, έστω ένα ασημένιο νόμισμα πχ δολάριο Η.Π.Α.. Αυτό αποτελείται από 26,96 gr αργύρου, έχει διάμετρο περίπου 40mm και συνολική επιφάνεια $27,70\text{cm}^2$. Εάν η ίδια ποσότητα αργύρου χωριζόταν σε μικροσκοπικά σωματίδια διαμέτρου 1nm, η συνολική επιφάνεια των σωματιδίων θα ήταν 11.400 m^2 , δηλαδή 4.115 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την ειδική επιφάνεια του νομίσματος.

Ανάλογα με τη διάμετρό τους, τα νανοϋλικά συμπεριφέρονται είτε ως μέταλλα είτε ως ημιαγωγοί. Εξαιρετικά υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας οφείλονται σε μικρές ατέλειες στη δομή των νανοϋλικών.

Η θερμική αγωγιμότητα είναι πολύ υψηλή (περίπου 10πλάσια από των μετάλλων) και οφείλεται στη δόνηση των ομοιοπολικών δεσμών. Οι εξαιρετικά υψηλές τιμές θερμικής αγωγιμότητας των νανοϋλικών οφείλονται σε μικρές ατέλειες στη δομή τους.

Ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες, τα νανοϋλικά εμφανίζουν υψηλή μηχανική αντοχή.

1.7 Υλικά νανοτεχνολογίας- Τομείς εφαρμογών

Τα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες εφαρμογές που έρχονται για να εξελίσσουν υπάρχουσες τεχνολογίες όπως πχ στη μείωση του μεγέθους των

ηλεκτρονικών συσκευών. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται σε (Arivagalan et al., 2011):

α. Αντιηλιακά και Καλλυντικά

Η παραδοσιακή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία με χρήση χημικού σκευάσματος στερείται μακροπρόθεσμης σταθερότητας. Τα νανοσωματίδια οξειδίου του τιτανίου παρέχουν εξαιρετική προστασία από τον ήλιο, νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου και οξειδίου του ψευδαργύρου απορροφούν και ανακλούν την υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ είναι διαφανή στην ορατή ακτινοβολία. Επίσης, νανοσωματίδια οξειδίου του σιδήρου χρησιμοποιούνται σε κραγιόν για τα χείλη. Αξίζει να σημειωθεί πως η χρήση νανοϋλικών στα καλλυντικά έχει εγείρει ανησυχίες σχετικά με την υγεία των καταναλωτών.

β. Οθόνες

Η τεράστια αγορά για οθόνες επίπεδες, μεγάλης επιφάνειας, υψηλής φωτεινότητας που χρησιμοποιούνται για τηλεοράσεις και ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχει κατευθύνει την ανάπτυξη κάποιων νανοϋλικών. Νανο-κρυσταλλικός σεληνιούχος ψευδάργυρος, θειούχος ψευδάργυρος, θειούχο κάδμιο και τελλουριούχος μόλυβδος που παρασκευάζονται με τεχνικές λύματος-πηκτής (sol-gel) είναι υλικά υποψήφια για την «επόμενη γενιά» από τις οθόνες με επίστρωση φωσφόρου.

γ. Μπαταρίες

Η ζήτηση για ολοένα πιο ελαφριές, υψηλότερης ενεργειακής πυκνότητας μπαταρίες αυξάνεται συνέχεια. Νανοκρυσταλλικά υλικά που παρασκευάζονται με τεχνικές sol – gel είναι εξαιρετικοί υποψήφιοι για χρήση ως διαχωριστές στις πλάκες της μπαταρίας λόγω της αφρώδους δομής τους και μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τις συμβατικές μπαταρίες. Επίσης οι μπαταρίες νανοκρυσταλλικού νικελίου -υδριδίου μετάλλου υπόσχονται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και λιγότερο συχνή φόρτιση λόγω μεγάλης ειδικής επιφάνειας.

δ. Κατάλυση

Τα νανοσωματίδια λειτουργούν αποτελεσματικά ως καταλύτες χημικών αντιδράσεων εξαιτίας του υψηλού λόγου της επιφάνειας προς τον όγκο τους. Νανοσωματίδια πλατίνας θεωρούνται ως η επόμενη γενιά καταλυτικών μετατροπών στα αυτοκίνητα,

αφού η απαιτούμενη ποσότητα πλατίνας μειώνεται σημαντικά λόγω της αυξημένης ειδικής επιφάνειας.

ε. Ιατρική

Η νανοτεχνολογία καθιστά πλέον δυνατή την αποδέσμευση φαρμακευτικών ουσιών στοχευμένα σε κύτταρα με χρήση νανοσωματιδίων. Έτσι η συνολική ποσότητα φαρμάκου και οι παρενέργειες μειώνονται σημαντικά διοχετεύοντας την απαιτούμενη δόση και στη συγκεκριμένη περιοχή αυστηρά, με αποτέλεσμα και μείωση κόστους αλλά και ταλαιπωρίας του ασθενούς.

Η νανοτεχνολογία έχει αναπτυχθεί ευρέως στην αντιμετώπιση του καρκίνου. Τα Minicell νανοσωματίδια ως συστήματα ελεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμάκου χρησιμοποιούνται σε προχωρημένους κακοήθεις όγκους. Είναι επενδυμένα από μεμβράνη μεταλλαγμένου βακτηρίου, φορτώνονται με αντικαρκινικό φάρμακο και επενδύονται με αντίσωμα που συνδέεται με τον επιδερμικό παράγοντα ανάπτυξης που υπερεκφράζεται στα καρκινικά κύτταρα. Τα καρκινικά κύτταρα αναγνωρίζουν το βακτήριο και το ενδοκυτταρώνουν, οπότε και αρχίζει να δρα το φάρμακο που τελικά λύει το καρκινικό κύτταρο. Στη φωτοδυναμική θεραπεία τα νανοσωματίδια ακτινοβολούνται από εξωτερική στοχευμένη πηγή. Το φως απορροφάται από τα μεταλλικά νανοσωματίδια, που έχουν εγκατασταθεί στο στόχο και θερμαίνει τη περιοχή ή προκαλεί ελεύθερες ρίζες οξυγόνου που καταστρέφουν χημικά τα διπλανά κύτταρα. Με αυτή τη τεχνική αποφεύγεται η τοξικότητα σε ολόκληρο τον οργανισμό που προκαλεί η χημειοθεραπεία (Διάφας κ.συν., 2014).

Η ανάπτυξη της νανοϊατρικής είναι πολύ σημαντική και για την οφθαλμική φαρμακοθεραπεία, κατά την οποία αυτά τα νανοσωματίδια θα μπορέσουν να διασχίσουν τους φραγμούς του οφθαλμού, να βελτιώσουν την ικανότητα διείσδυσης σε βαθύτερα στρώματά του και στο υδατοειδές υγρό, να επιμηκύνουν τα επίπεδα συγκέντρωσης του με όλο και λιγότερο συχνή εφαρμογή του και όσο το δυνατόν να ελαχιστοποιήσουν την εμφάνιση τοξικότητας σε σύγκριση με τις συμβατικές φαρμακευτικές ουσίες (Διάφας κ.συν., 2014).

Επίσης, η ανάπλαση ή η αποκατάσταση τραυματισμένων ιστών με χρήση προϊόντων νανοτεχνολογίας μπορεί να αντικαταστήσει παραδοσιακές θεραπείες με

μεταμόσχευση οργάνων ή τεχνητών εμφυτευμάτων π.χ νανοσωλήνες άνθρακα ως βιολογικό ικρίωμα για αναγέννηση ιστών.

στ. Ανίχνευτές αερίων

Η ανίχνευση αερίων όπως το διοξείδιο του αζώτου NO_2 και η αμμωνία NH_3 είναι δυνατή μέσω της αύξησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των νανοϋλικών, στα οποία τα μόρια των αερίων προσδένονται και γίνεται μετατόπιση φορτίου από τα νανοϋλικά προς τα αέρια με αποτέλεσμα την αύξηση των οπών στα νανοϋλικά .

η. Τρόφιμα

Η νανοτεχνολογία εφαρμόζεται ευρέως στην παραγωγή, επεξεργασία, ασφάλεια και συσκευασία των τροφίμων.

Με τη βοήθεια νανοπροϊόντων δημιουργούνται νέα τρόφιμα όπως πχ το κραμβέλαιο της εταιρείας Shemen Industries of Israel, που περιέχει το πρόσθετο “nanodrops” που λειτουργεί ως φορέας βιταμινών, μεταλλικών στοιχείων και φυτικών ινών στο πεπτικό σύστημα.

Όσον αφορά στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων, χρησιμοποιούνται νανοϋλικά με μειωμένη διαπερατότητα σε μόρια αερίων και αντιμικροβιακές ιδιότητες , αλλά και ως αισθητήρες για την ανίχνευση μικροοργανισμών ή χημικών ουσιών σε εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις (Duncan, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : «ΕΞΥΠΝΑ» ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

2.1. Η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια

Η έλλειψη ενεργειακών αποθεμάτων και η αυξανόμενη ζήτηση σε ενέργεια έχουν εγείρει ανησυχίες σχετικά με τις συνέπειες της άλογης χρήσης ενέργειας και της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον. Η ανάγκη για περιορισμό στη χρήση ενέργειας και η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων αποτελούν θέματα μείζονος ενδιαφέροντος.

Επίσης λόγω της κλιματικής αλλαγής σε πολλά μέρη της Ευρώπης, όπως πχ στη Νότια Ευρώπη εμφανίζονται ακραία φαινόμενα υψηλών θερμοκρασιών και ξηρασίας που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ενεργειακή απόδοση πχ λόγω μεγαλύτερης χρήσης κλιματιστικών (Nikolaou et al., 2015).

Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 30-40% της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως. Στην Ευρώπη το ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 40-45%, ενώ περίπου το 1/5 της ενέργειας (ή 45 εκατομμύρια τόνοι CO₂) μπορεί να εξοικονομηθεί με υιοθέτηση πιο αυστηρών προδιαγραφών σε νέα και υφιστάμενα κτίρια.

Ο κτιριακός τομέας περιλαμβάνει τα παλαιά κτίρια, τα νεόδμητα κτίρια και τις κατασκευές που πρόκειται να κτιστούν στο μέλλον. Αυτόν το διαχωρισμό πρέπει ο μελετητής να λάβει υπόψη του προκειμένου να αξιολογήσει τα εμπόδια που θα συναντήσει -για να μεταβεί από το μέρος (επιμέρους κτίρια) στο όλον (πόλεις) και να μετατρέψει σταδιακά όχι μόνον τα κατ' ιδίαν κτίρια αλλά και τις πόλεις από συμβατικές σε «έξυπνες». Η αλλαγή του τρόπου διαχείρισης της ενέργειας σε επίπεδο κτιρίων ή ακόμα και πόλεων είναι επιβεβλημένη με βάση τα εξής δεδομένα:

- το στόχο 20-20-20 με βάση την οδηγία 2009/28/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης (20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, 20% αύξηση του ποσοστού ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και 20% εξοικονόμηση ενέργειας) μέχρι το 2020
- το δεσμευτικό στόχο για 40% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και 27% αύξηση του ποσοστού ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τον ενδεικτικό στόχο για εξοικονόμηση ενέργειας 27% μέχρι το 2030 (EC, 2014)

- την αναμενόμενη αύξηση του αστικού πληθυσμού, άρα και της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, και τέλος
- την ηλικία του κτιριακού αποθέματος των Ευρωπαϊκών πόλεων που δημιουργήθηκε στο χρονικό διάστημα 1960-1980.

Για τα νέα κτίρια το επιπλέον κόστος μεταξύ συμβατικού κτιρίου και κτιρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δεν υπερβαίνει το 8%, που δεν είναι απαγορευτικό λαμβανομένης υπόψη και της προστιθέμενης αξίας που αποκτά το ακίνητο. Εκτιμάται λοιπόν πως, αφενός λόγω των πιέσεων των οδηγιών της Ε.Ε. και αφετέρου λόγω των τάσεων της αγοράς ακινήτων, ο κατασκευαστικός τομέας θα στραφεί σε ανέγερση κτιρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης από το 2016 και μετά. Δυστυχώς όμως το ποσοστό των νέων κτιρίων είναι πολύ χαμηλό και μάλιστα στο νέο τοπίο της οικονομικής κρίσης δεν διαφαίνεται αύξησή του. Αποτελεί περίπου το 1% του συνολικού κτιριακού αποθέματος. Άρα προκειμένου να επιτευχθεί η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτάσσει η νομοθεσία και οι σχετικοί στόχοι της Ε.Ε., η ανακαίνιση των υφιστάμενων κτιρίων πρέπει να αποτελεί τον κύριο στόχο. Παρατηρείται επομένως μια μετατόπιση και τροποποίηση των διαγραφομένων στη νομοθεσία στόχων προσδίδοντας ένα είδος προσήμου προτιμήσεως στην ανακαίνιση κτιρίων. Η Ελληνική νομοθεσία εναρμονίζεται με την Οδηγία 2012/27/Ε.Ε. του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 25ης Οκτωβρίου 2012 «για την ενεργειακή απόδοση (EUR-Lex, Οδηγία 2012/27 Ε.Ε., 2012) με το Νόμο ν. 4342/2015 (ΦΕΚ 143/Α/9-11-2005). Με το νόμο αυτό θεσπίζονται ενδεικτικοί εθνικοί στόχοι ενεργειακής απόδοσης για το 2020, μέτρα για την προώθησή τους και κανόνες που αποσκοπούν στην υπερνίκηση των αδυναμιών της αγοράς ενέργειας που παρεμποδίζουν την απόδοση στον εφοδιασμό και τη χρήση ενέργειας (άρθρο 1).

Ο στόχος της ανακαίνισης ενός κτιρίου συνήθως είναι:

- Συμμόρφωση με τη νομοθεσία ως προς τη σχεδιαστική ή λειτουργική φάση
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου σε κάποιο τομέα (πχ θέρμανση ή ψύξη) ή συνολικά
- Βελτίωση ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος πχ βελτίωση της θερμικής άνεσης, οπτικής άνεσης, ποιότητας αέρα μεμονωμένα ή και συνδυαστικά
- Οι συνέπειες στο περιβάλλον της υπερθέρμανσης του πλανήτη

➤ Μείωση του κόστους ενεργειακής κατανάλωσης

Σε ό,τι αφορά το σχεδιαστικό μέρος, οι μεταβλητές που επιδρούν στην ενεργειακή και περιβαλλοντική επιβάρυνση και επηρεάζουν την άνεση του χρήστη, την ανάγκη σε θερμικά και ψυκτικά φορτία όπως και την ανάγκη σε φωτισμό μπορεί να είναι το σχήμα το κτιρίου, ο προσανατολισμός του, η μάζα του, το είδος ποσοστό υαλοπινάκων επί του κτιρίου και σκίαση.

Όσον αφορά το λειτουργικό μέρος του κτιρίου, πριν ληφθούν αποφάσεις για τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας (με ανακαίνιση ή προσθήκη εκ των υστέρων με μετασκευή) γίνεται με ενεργειακή επιθεώρηση και ενεργειακή ανάλυση. Η ενεργειακή επιθεώρηση μπορεί να περιλαμβάνει απλό επιτόπιο έλεγχο μέχρι τη δημιουργία μοντέλου προσομοίωσης. Η διαδικασία της ενεργειακής ανάλυσης κτιρίου περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

α. Ανάλυση κτιρίου

Πρόκειται για την αξιολόγηση των ενεργειακών συστημάτων και τους τρόπους χρήσης ενέργειας. Γίνεται αναφορά στα σχέδια (αρχιτεκτονικό, μηχανολογικό/ηλεκτρολογικό) και σε στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης (έλεγχος τιμολογίων χρέωσης για τα τελευταία έτη ώστε να εντοπιστούν τυχόν εποχιακές ή καιρικές επιδράσεις) .

β. Επιτόπιος έλεγχος

Σε αυτό το στάδιο ενδέχεται να εντοπιστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και καθορίζεται το αν χρειάζεται περαιτέρω έλεγχος. Στο πλαίσιο του επιτόπιου ελέγχου :

- Ανιχνεύονται οι ανάγκες και ανησυχίες του πελάτη
- Ελέγχονται οι συνθήκες λειτουργίας του κύριου εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια (πχ φωτισμός, συστήματα HVAC κλπ)
- Εκτιμάται ο αριθμός των χρηστών, ο χρόνος χρήσης, ο αριθμός των συσκευών και φωτιστικών

γ. Δημιουργία κτιρίου αναφοράς

Σε αυτό το στάδιο δημιουργείται ένα μοντέλο βάσης προσομοίωσης που αντιπροσωπεύει την υφιστάμενη χρήση ενέργειας και συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου. Το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για να γίνει εκτίμηση της εξοικονόμησης ενέργειας μετά από τη λήψη των κατάλληλων μέτρων.

δ. Αξιολόγηση των εναλλακτικών μέτρων εξοικονόμησης

Σε αυτή τη φάση γίνεται αξιολόγηση του ποσού ενέργειας που εξοικονομείται έναντι του κόστους (χρόνος απόσβεσης ή ανάλυση κόστους ζωής προϊόντος) για κάθε προτεινόμενο μέτρο (Nikolaou et al., 2015).

Τα κτίρια στο εγγύς μέλλον θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε όλο και πιο σύνθετους στόχους για εξοικονόμηση ενέργειας, για σχεδόν μηδενική Ε.Ε.ενεργειακή κατανάλωση, εξασφάλιση υγείας και άνεσης, συμβατότητα με δίκτυα, προσιτό κόστος κλπ.

Τα βασικά σημεία παρέμβασης προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αφορούν:

- στο κέλυφος όπως π.χ μόνωση οροφής, αλλαγή υαλοστασίων,
- στον ενεργειακό εξοπλισμό θέρμανσης και ψύξης π.χ συντήρηση ή αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης,
- στη χρήση τεχνικών ηλιοπροστασίας π.χ σκιασμός, νυχτερινός αερισμός, συστήματα κλιματισμού υψηλότερου βαθμού ενεργειακής απόδοσης κλπ,
- στις ηλεκτρικές συσκευές και τα συστήματα φωτισμού π.χ χρήση αποδοτικότερων ηλεκτρικών συσκευών
- στη χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης, συστήματα ανίχνευσης παρουσίας, μέτρηση φωτεινής έντασης,
- στη χρήση ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη πχ ηλιακοί συλλέκτες, φωτοβολταϊκά συστήματα κλπ,
- στη βελτίωση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου με ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων πχ αύξηση της συχνότητας ανανέωσης του αέρα, χρήση πολυλειτουργικού εξοπλισμού κ.α (Kolokotsa et al., 2005)
- στη χρήση «έξυπνων» συστημάτων διαχείρισης ενέργειας πχ προηγμένοι αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης (Kolokotsa et al., 2005) ή και «έξυπνων» ή «ευφυών» συστημάτων μέτρησης πχ «έξυπνοι» μετρητές (Kokkaliaris and Maria, 2015).

2.2. Εφαρμογές «έξυπνων» υλικών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια

Για την ανακαίνιση του κτιριακού αποθέματος στις Ευρωπαϊκές πόλεις, τα υλικά που προτείνονται με στόχο την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης μπορούν να συνδυαστούν ως εξής (Bax et al., 2013):

✓ **Ανακλαστικές βαφές επικάλυψης εσωτερικού χώρου** (Reflective indoor coatings)

Αυξάνουν τη φωτεινότητα και την αίσθηση του χώρου, καθώς ανακλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία από το φυσικό και τεχνητό φωτισμό προσφέροντας αυξημένη αίσθηση φωτισμού κατά ένα ποσοστό 20% (που μεταφράζεται σε μείωση της ενέργειας για φωτισμό κατά 20%). Το κόστος τους είναι ελαφρώς υψηλότερο των συμβατικών βαφών, η διάρκεια ζωής κυμαίνεται μεταξύ 5 και 10 έτη και χρησιμοποιούνται περισσότερο σε κλιματικές ζώνες περιορισμένης ηλιοφάνειας τόσο σε ένταση όσο και σε διάρκεια (Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη).

✓ **Ψυχρές βαφές εξωτερικής τοιχοποιίας** (High reflectance and durable outdoor coatings)

Χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο ορατό και εκπομπή στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος. Όταν εφαρμόζονται σε οροφές ή τοίχους, λόγω της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας η θερμοκρασία μειώνεται με αποτέλεσμα να μειώνεται και η θερμοκρασία των χώρων κάτω από την οροφή και στην εσωτερική τοιχοποιία. Τα υλικά υψηλής ανακλαστικότητας σε σύγκριση με τα συμβατικά υλικά οδηγούν σε μείωση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια μέχρι και 15°C (Santamouris et al, 2007). Χρησιμοποιούνται κυρίως σε θερμές περιοχές με αυξημένη ηλιοφάνεια π.χ στη Νότια Ευρώπη, εξοικονομούν κατά μέσο όρο περίπου 15% με 20% της ενέργειας που απαιτείται για ψύξη και επιτρέπουν λόγω μειωμένου φορτίου αιχμής (με βάση το οποίο γίνεται η διαστασιολόγηση) και τη χρησιμοποίηση συστήματος ψύξης μικρότερης ισχύος (Κολοκοτσά κ.α., 2011).

Στην περίπτωση χρήσης ψυχρών υλικών σε στέγες κυρίως σε οικιστικά και εμπορικά κτίρια, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κυμαίνεται από 2% έως 35%, ποσοστό που εξαρτάται από τη μόνωση της οροφής, θέση των αεραγωγών και τη διαμόρφωση της σοφίτας (Santamouris et al., 2011).

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής εξαρτάται από το κλίμα και κυμαίνεται από 12 μέχρι 15 έτη.

✓ **Υλικά αλλαγής φάσης (Phase change Materials)**

Τα υλικά αυτά τοποθετούνται ως ενεργό συστατικό σε γύψο, τσιμέντο, γυψοσανίδες κλπ και αξιοποιούν τη λανθάνουσα θερμότητα (πρόκειται για τη θερμότητα που δεν γίνεται αντιληπτή με μεταβολή θερμοκρασίας) που είτε απορροφούν είτε αποβάλλουν κατά την αλλαγή φάσης από στερεά σε υγρά και αντίστροφα.

Μπορούν μάλιστα να αποθηκεύσουν ή να αποδώσουν στο περιβάλλον τους περισσότερη θερμότητα από 5 μέχρι και 14 φορές σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας πχ τσιμέντο, πέτρα, τούβλο κλπ και μάλιστα αυτό συμβαίνει στο θερμοκρασιακό εύρος της θερμικής άνεσης, μεταξύ 20°- 30°C.

Ενσωματωμένα σε δομικά υλικά προσδίδουν σε εσωτερικούς τοίχους ή ταβάνια την ικανότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν την περίσσεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας (υψηλότερες θερμοκρασίες) και να την αποδίδουν στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν μειωθεί η θερμοκρασία πχ του δωματίου.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής των υλικών αλλαγής φάσης είναι περίπου 30 έτη, και στην περίπτωση του τσιμέντου η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη φθάνει μέχρι το 10%, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται και το μέγεθος του συστήματος ψύξης.

✓ **Προηγμένα μονωτικά υλικά σε αφρώδη μορφή (advanced insulation foams)**

Τα υλικά αυτά υπόσχονται μείωση της ενέργειας για θέρμανση από 30% μέχρι 80%. Διοχετεύονται στοχευμένα για να καλύψουν τα κενά μεταξύ των τοίχων ενός υφιστάμενου κτιρίου ή τοποθετούνται με τη μορφή άκαμπτων πάνελ (πλακών) από μονωτικό σε αφρώδη μορφή. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διάκενο στους τοίχους, η μόνωση γίνεται εξωτερικά (θερμοπρόσοψη) και εξασφαλίζει μικρές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Τα κριτήρια επιλογής των χαρακτηριστικών της θερμοπρόσοψης εξαρτώνται από το τοπικό κλίμα, τον προσανατολισμό του κτιρίου και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της εφαρμογής πχ αντοχή στη φωτιά, μηχανική αντοχή και σταθερότητα, απορρόφηση υγρασίας, διαπερατότητα υδρατμών, κόστος κλπ.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φθάσει μέχρι και 50% και η διάρκεια ζωής τους είναι μέχρι 20 έτη.

✓ **Θερμομονωτικές πλάκες κενού** (Vacuum Insulation panels)

Η θερμομονωτική τους δράση είναι τρεις φορές υψηλότερη σε σχέση με τα συμβατικά μονωτικά υλικά. Προσφέρεται για κτίρια με γυάλινες προσόψεις, όμως το κόστος τους είναι σχετικά υψηλό, αφού οι ποσότητες προς παραγωγή είναι μικρές.

Αποτελούνται από πλαστική μεμβράνη με επικάλυψη αλουμινίου σε μορφή φακέλου που σφραγίζεται αεροστεγώς. Το εσωτερικό του φακέλου μπορεί να είναι σε μορφή αφρού, σκόνης ή ινών γυαλιού. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ στον πυρήνα (στην περίπτωση ατμίζοντος διοξειδίου του πυριτίου, fumed silica) είναι κατά μέσο όρο της τάξης του 0,004 W/(m °K). Εάν ληφθούν υπόψη και οι θερμογέφυρες που δημιουργούνται στις διεπιφάνειες των άκρων με τα φιλμ αλουμινίου, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ μπορεί να φτάσει 0,006 έως 0,008 W/m K.

Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι αρκετά μεγάλη, καθώς η απώλεια της αποτελεσματικότητάς τους στα πρώτα 30 έτη εκτιμάται σε ποσοστό 20%.

Συνδυάζοντας λοιπόν τα παραπάνω καινοτόμα υλικά η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη υπερβαίνει κατά μέσο όρο το 40%.

2.3. Εφαρμογές υλικών νανοτεχνολογίας για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια

Ο κατασκευαστικός τομέας χαρακτηρίζεται ως «συντηρητικός» στην επιλογή και χρήση καινοτόμων υλικών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο στη δόμηση κτιρίων είναι πχ οπλισμένο σκυρόδεμα, νεοπρένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), συμπολυμερές αιθυλενίου- τετραφθοροαιθυλενίου (ETFE), γυαλί πολλαπλών στρώσεων με PVB (πολυβινυλοβουτυράλη) και πολυμερή ενισχυμένα με ίνες κ.α. Πολλά όμως από τα προαναφερθέντα υλικά είχαν ανακαλυφθεί πολλές δεκαετίες προτού χρησιμοποιηθούν στα κτίρια. Για παράδειγμα, ενώ η σύνθεση του PVC έγινε το 1913 και εισήχθη στην αγορά το 1933, άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως στον κατασκευαστικό τομέα τη δεκαετία του '70. Επίσης το ETFE, αν και εμφανίστηκε

στην αγορά το 1970 ως υποκατάστατο του γυαλιού, η χρήση του στα κτίρια ήταν περιορισμένη μέχρι περίπου το 2007.

Τα κτίρια σχεδιάζονται με προοπτική 50-75 έτη ζωής και για τα μεγάλα δημόσια έργα 120-150 έτη ζωής χωρίς επιπλέον επένδυση. Άρα η συνεχής παρακολούθηση και έλεγχος της ασφάλειας των κατασκευών απαιτεί τη χρήση αισθητήρων και «ευφυών» υλικών που να διαθέτουν ικανότητα αυτο-επιδιόρθωσης, να εντοπίζουν τυχόν ζημιές και να τις επισκευάζουν. Και υπό τις συνεχείς πιέσεις για εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων οι μηχανικοί αναζητούν υλικά και τεχνικές που να καλύπτουν τις παραπάνω απαιτήσεις (Broekhuizen, van Broekhuizen, Cornelissen, & Reijnders, 2011)

Αν και όλα τα «έξυπνα» υλικά δεν έχουν κατ'ανάγκη νανο-δομή, χρησιμοποιούνται όμως σε πολλές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας. Έτσι, η νανοτεχνολογία εισβάλλει με ταχύτατους ρυθμούς στον τομέα των «έξυπνων» υλικών και βάζει τα θεμέλια για την επόμενη «γενιά» ακόμα πιο «έξυπνων» υλικών.

Νανოსωματίδια πχ TiO_2 , SiO_2 , CaCO_3 έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως πληρωτικά υλικά, πρόσθετα σε επιχρίσματα/βαφές, συγκολλητικά, στεγανοποιητικά και σύνθετα υλικά. Για παράδειγμα, νανο-πηλός και νανο-σωλήνες, νανο-ίνες χρησιμοποιούνται ως μέσο ενίσχυσης σε προηγμένα σύνθετα υλικά.

Τα νανοςωματίδια έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη μείωση των αποβλήτων ή την αντικατάσταση τοξικών υλικών, κατά την επεξεργασία των ρύπων ή την αποκατάσταση εδαφών. Για παράδειγμα, νανοςωματίδια διοξειδίου του τιτανίου TiO_2 ως συστατικά επιχρισμάτων, δεσμεύουν και απορροφούν οργανικούς και ανόργανους αέριους ρύπους μέσω φωτοκατάλυσης. Αναφέρεται συγκεκριμένα ως παράδειγμα πως φωτοκαταλυτικό υλικό επίστρωσης σε δρόμο 7000m^2 στο Μιλάνο το 2002 μείωσε τη συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου κατά 60%.

Αλλά και με παρέμβαση στη μοριακή δομή υλικών πχ από τη σφαιρική στη γεωδαιτική μορφή (μόρια σε σχήμα μπάλας ποδοσφαίρου που αποτελούνται από εναλλασσόμενα πενταγωνικά και εξαγωνικά σχήματα ενωμένα σε σχήμα σφαίρας, γνωστά και ως buckyballs) ο άνθρακας, γίνεται πιο ρευστός. Όπως επίσης και σε μορφή νανοςωλήνων (CNT), ο άνθρακας εμφανίζεται με εξαιρετικές ιδιότητες όπως πχ όριο ελαστικότητας και όριο διαρροής πάνω από 1GPa και 60GPa αντίστοιχα και

παραμόρφωση θραύσης της τάξης του 6%, ενώ μπορεί να συμπεριφέρεται είτε ως μέταλλο είτε ως ημιαγωγός.

Οι νανοσωλήνες άνθρακα (CNT) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο ενίσχυσης πολυμερών, μετάλλων, κεραμικών και μήτρας με βάση το τσιμέντο. Το CNT σε περιεκτικότητα 15% κβ αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του τριοξειδίου του αργιλίου Al_2O_3 κατά 13 τάξεις μεγέθους. Επίσης τα σύνθετα υλικά με μέσο ενίσχυσης CNT εμφανίζονται 6 φορές πιο ανθεκτικά από τα συμβατικά σύνθετα με ίνες άνθρακα και έχουν επίσης μεγαλύτερη ελαστικότητα και σημαντική αντοχή στη συμπίεση.

Η νανοτεχνολογία όμως έχει εισβάλει και σε παραδοσιακά δομικά υλικά όπως ο χάλυβας στη νανοεκδοχή του που χρησιμοποιείται ως μέσο ενίσχυσης σε μορφή ράβδων υπό την εμπορική ονομασία «ανοξείδωτος χάλυβας MMFX2» της εταιρείας MMFX των Η.Π.Α.. Το MMFX2 υπερτερεί ως προς τη μηχανική αντοχή (διπλάσια), την αντοχή σε διάβρωση (πενταπλάσια), την ολκιμότητα και την αντοχή σε κόπωση σε σχέση με το συμβατικό ανοξείδωτο χάλυβα, με αποτέλεσμα μεγαλύτερο χρόνο ζωής σε διαβρωτικό περιβάλλον και χαμηλότερο κόστος δόμησης. Η μικροδομή του αποτελείται από νανο φύλλα ωστενίτη σε πηχάκια μαρτενσίτη απουσία καρβιδίων (μοιάζει με τη δομή του κόντρα πλακέ) και ως πιστοποιημένο δομικό υλικό χρησιμοποιείται σε δημόσια έργα επιδοτούμενα σε 22 πολιτείες των Η.Π.Α..

Στον τομέα των μονωτικών υλικών κυριαρχεί το Nanopore, που αποτελείται από οργανικά μόρια ενσωματωμένα σε πυριτικά μίγματα που βρίσκονται σε μορφή νανοπόρων και οι μονωτικές του ιδιότητες είναι δεκαπλάσιες από τα συμβατικά μονωτικά υλικά.

Όσον αφορά στον τομέα των επιχρισμάτων και υλικών επικάλυψης, η ενσωμάτωση νανοσωματιδίων ή νανοστρωμάτων σε υλικά επικάλυψης έχει οδηγήσει σε υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο με τις παρακάτω ιδιότητες : αντοχή στη διάβρωση, έλεγχο θερμοκρασίας, ευκολία στο καθάρισμα, αντιβακτηριακή προστασία, εξοικονόμηση ενέργειας, αντι-ανακλαστική δράση, προστασία από γκράφιτι κλπ. Για παράδειγμα τα αυτο-καθαριζόμενα παράθυρα έχουν σχεδιαστεί και λανσαριστεί στην αγορά από την εταιρεία Pilkington ST.Gobain Co. Το υλικό επικάλυψής τους δρα σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου TiO_2 μέσω φωτοκατάλυσης αντιδρούν με την υπεριώδη ακτινοβολία του φυσικού φωτός και διασπούν τους

οργανικούς ρύπους. Στο δεύτερο στάδιο, το νανοϋλικό στην επιφάνεια ως υδρόφιλο, αφήνει το νερό της βροχής να απλωθεί ομοιόμορφα στην επιφάνεια και απομακρύνει τους ρύπους ως σκόνη πλέον.

Η ιδέα της αυτοκαθαριζόμενης επιφάνειας με χρήση υλικού επικάλυψης βασίστηκε και στο λεγόμενο φαινόμενο των φύλλων του λωτού (lotus effect) υλοποιήθηκε με την ανάπτυξη του Lotus spray από την εταιρεία BASF. Τα φύλλα του λωτού καλύπτονται από επιφάνεια δύο στρωμάτων. Το πρώτο στρώμα καλύπτεται από μικρές προεξοχές ακτίνας 5-10μm που βρίσκονται σε απόσταση 10-15μm. Κάθε προεξοχή καλύπτεται από φουσκάλες που φέρουν υδρόφοβο και κηρώδες υλικό ύψους 100nm. Καθώς πέφτουν οι σταγόνες του νερού στο φύλλο του λωτού, επικάθονται στις άκρες των προεξοχών. Το κερί εμποδίζει τις σταγόνες να εισχωρήσουν στα μεσοδιαστήματα οπότε μόνο το 2-3% της επιφάνειας των σταγόνων έρχεται σε επαφή με το φύλλο. Το Lotus spray αδιαβροχοποιεί μια επιφάνεια και αυξάνει την υδατοαπωθητική της ικανότητα κατά 20 φορές περισσότερο από ένα κοινό υλικό επικάλυψης με βάση το κερί.

Ειδικά επικαλυπτικά επίσης μπορούν να μετατρέψουν μια επιφάνεια σε υδρόφοβη και ελαιόφοβη ταυτόχρονα, οπότε χρησιμοποιούνται ως τεχνολογία αντι-γκράφιτι για τοίχους, χαλιά, ταπετσαρίες κλπ. Το πρόβλημα των γκράφιτι στις μεγάλες πόλεις εντοπίζεται στο σημαντικό κόστος αποκατάστασης που μάλιστα στο Los Angeles εκτιμάται στα 150 εκατομμύρια δολάρια ετησίως. Παράδειγμα αντι γκράφιτι βαφής είναι το DELETUM (Μεξικό) .

Τέλος, νανοϋλικά επικάλυψης έχουν την ικανότητα να αντανακλούν και να μεταδίδουν το φως σε διαφορετικά μήκη κύματος. Έτσι χρησιμοποιούνται στα παράθυρα ως ανακλαστήρες θερμότητας με σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (Abeer & Yousef, 2015) .

2.3.1. Βελτίωση σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα (συμπεριλαμβανομένου και του οπλισμένου σκυροδέματος) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του κατασκευαστικού τομέα. Η παραγωγή τσιμέντου (συνδετικό υλικό για το σκυρόδεμα) για το 2010 ανήρχετο σε 3,3 δισεκατομμύρια τόννους, 8% υψηλότερη έναντι του 2009. Συνεχώς αυξάνεται λόγω της ζήτησης σε

Κίνα και Ινδία και αντιστοιχεί στο 7% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και στο 4% των βιομηχανικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂. Η ενσωμάτωση νανο σωματιδίων βελτιώνει την αντοχή, διάρκεια ζωής και την απόδοση των δομικών υλικών, άρα και των αντίστοιχων κατασκευών. Η χρήση υποκατάστατων του τσιμέντου με βάση βιομηχανικά απόβλητα σε ναανοκλίμακα μειώνει σημαντικά την εκπομπή CO₂.

α. Οξείδια μετάλλων ως πρόσθετα σε μορφή νανο σωματιδίων

Ο χάλυβας ως συστατικό του οπλισμένου σκυροδέματος υπόκειται σε διάβρωση και αποικοδόμηση λόγω της παρουσίας ιόντων όπως πχ τα ιόντα χλωρίου ή ιόντα θεικών αλάτων ή εστέρων, που διαπερνούν τη μήτρα του σκυροδέματος με ρυθμό που εξαρτάται από τη δομή του. Με την προσθήκη οξειδίων μετάλλων σε μορφή νανοσωματιδίων (πχ TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂, Fe₂O₃, SiO₂, οξείδια μετάλλων με νανοσωματίδια πηλού) μειώνεται η διαπερατότητα του σκυροδέματος από τα ιόντα και αυξάνεται η αντοχή του, άρα και η διάρκεια ζωής του. Τα οξείδια μετάλλων σε μορφή νανοσωματιδίων επιταχύνουν την αρχική αντίδραση ενυδάτωσης του τσιμέντου, αυξάνοντας την αντοχή της τσιμεντόπαστας, άρα και του σκυροδέματος. Τα οξείδια μετάλλων αντιδρούν με το Ca(OH)₂ (υδροξείδιο του ασβεστίου) και εξαπλώνονται οι ενώσεις ένυδρου πυριτικού ασβεστίου C-S-H, οπότε το μίγμα γίνεται πιο συμπαγές, έχει χαμηλότερη διαπερατότητα σε ανεπιθύμητα ιόντα και βελτιώνει την αντοχή σε θλίψη, την αντοχή σε κάμψη και την αντοχή σε εκτριβή. Τα ερευνητικά αποτελέσματα έχουν καταγραφεί και συγκεκριμένα καταδεικνύουν τα εξής:

Με την προσθήκη 1% (κατά βάρος συνδετικού by weight of binder) νανοσωματιδίων διαμέτρου 15nm TiO₂ στο σκυρόδεμα, εκλεπτύνονται οι πόροι του τσιμέντου και μειώνεται η διαπερατότητα σε ιόντα χλωρίου κατά 31% (Zhang and Li, 2011).

Επίσης προσθήκη 1,5% (κατά βάρος μίγματος τσιμέντου by weight of cement based material) νανοσωματιδίων διαμέτρου από 10 έως 25 nm ZrO₂, TiO₂ Al₂O₃ ή Fe₃O₄ προκάλεσε αύξηση της αντοχής σε θλίψη (compression) και μείωση της διαπερατότητας σε ιόντα χλωρίου από 20% έως 80% (Shekari and Razzaghi, 2011). Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητη η διερεύνηση της συσχέτισης της προσθήκης των οξειδίων των παραπάνω μετάλλων με την τάση του τσιμέντου για πρόωση ρηγμάτωσης. Πρόωρη ρηγμάτωση λοιπόν, φάνηκε σε περίπτωση προσθήκης

λεπτόκοκκων ποζολάνων πχ ατμίζοντος διοξειδίου του πυριτίου (silica fume) με μέσο όρο μεγέθους ανώτερο των 100nm.

Αντίθετα η προσθήκη νανοσωματιδίων SiO_2 ισχυροποιεί τόσο το δονούμενο όσο και το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα. Όπως αναφέρουν οι Nazari και Riahi (Nazari & Riahi, 2011) η προσθήκη 4% νανοσωματιδίων SiO_2 σε σκυρόδεμα μετά από σκλήρυνση 28 ημερών εμφάνισε αντοχή σε θλίψη, αντοχή εφελκυσμού σε διάρρηξη (Brazilian test) και αντοχή σε στρέψη 1.7, 2.2 και 1.6 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με το ομόλογό του σκυρόδεμα (που περιέχει το ίδιο ποσοστό διοξειδίου του πυριτίου πχ σε μορφή ατμών πυριτίας -silica fume-, αλλά όχι σε μορφή νανοσωματιδίων). Αυτό αποδίδεται στους εξής παράγοντες:

- στην επιτάχυνση της ενυδάτωσης του τσιμέντου,
- σε αυξημένη ποζολανική δραστικότητα (increased pozzolanic activity),
- σε εκλεπτυσμένους πόρους και
- σε καλύτερη πρόσφυση διεπιφάνειας μεταξύ τσιμεντοπολτού και αδρανών που σχετίζεται με το μικρότερο μέγεθος σωματιδίων του SiO_2 .

Στο εμπόριο έχουν κυκλοφορήσει διάφορα προϊόντα τσιμέντου με νανοσωματίδια SiO_2 πχ το Gaia (Cognoscible Technologies and Ulmen -Χιλή), Nanodur (Dukerhoff-Γερμανία).

β. Πρόσθετα άνθρακα σε δομή νάνο

Οι νανοσωλήνες άνθρακα και οι νανοϊνες άνθρακα έχουν εξαιρετικές ιδιότητες, που τα καθιστούν υποψήφια υλικά για την ενίσχυση των σύνθετων υλικών με βάση το τσιμέντο. Οι νανοσωλήνες άνθρακα έχουν αντοχή σε εφελκυσμό και μέτρο ελαστικότητας εκατοντάδες και δεκάδες φορές αντίστοιχα μεγαλύτερες τιμές από το χάλυβα και μάλιστα με υποδεκαπλάσιο λόγο βάρους προς όγκο από το χάλυβα. Στη μεσοπορώδη (μέση διάμετρος πόρων από 2 μέχρι 50 nm) δομή του τσιμέντου, τα νανο υλικά μέσα ενίσχυσης δρουν ως πληρωτικά μέσα και παράγουν ένα πιο πυκνό και λιγότερο πορώδες υλικό. Επίσης εμποδίζουν την ανάπτυξη ρωγμών στα αρχικά στάδια (άρα προλαμβάνουν την διάδοση των ρωγμών), βελτιώνουν την ποιότητα της διεπιφάνειας τσιμεντόπαστας και αδρανών και αυξάνουν την ποσότητα του C-S-H (ένυδρου πυριτικού ασβεστίου) που χαρακτηρίζεται από υψηλή σκληρότητα.

Παρά τα εξαιρετικά αποτελέσματα που υπόσχονται οι νανοσωλήνες και οι νανοϊνες άνθρακα ως μέσο ενίσχυσης σκυροδέματος, δεν έχουν επιβεβαιωθεί συστηματικά στην πράξη και δεν υπάρχουν στοιχεία για χρήση νανοσωλήνων άνθρακα σε εμπορικά δομικά υλικά. Τα αποτελέσματα μετρήσεων μηχανικών ιδιοτήτων σε σύνθετα υλικά νανοσωλήνων άνθρακα/κοινού τσιμέντου Portland και νανοσωλήνων άνθρακα/συνθέτων σκυροδέματος concrete composites παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις. Κάποιες δοκιμές έχουν δείξει σημαντική βελτίωση της αντοχής σε θλίψη (της τάξης του 50%), του μέτρου ελαστικότητας (πάνω από 200%) και της σκληρότητας (πάνω από 600%), ενώ άλλες ασήμαντες διαφορές στην αντοχή σε θλίψη και μείωση του μέτρου ελαστικότητας. Οι διακυμάνσεις στα λαμβανόμενα αποτελέσματα είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που καθορίζουν το πόσο καλή διασπορά των νανοσωλήνων άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί. Η διασπορά των νανοσωλήνων άνθρακα σε μήτρα τσιμεντοκονιάματος ή σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα δύσκολη λόγω της υψηλής επιφανειακής ενέργειας και των ισχυρών ενδομοριακών δυνάμεων πχ Van der Waals. Σε περίπτωση που η διασπορά δεν είναι ικανοποιητική, οι μηχανικές ιδιότητες υποβαθμίζονται. Η δημιουργία συσσωματωμάτων από νανοσωματίδια λόγω κακής διασποράς τους στη μήτρα της τσιμεντόπαστας μπορεί να οδηγήσει σε κενούς πόρους ή θυλάκες με υλικό που δεν έχει αντιδράσει (unreacted “pockets”) (αφού τα νανοσωματίδια δρουν ως ενεργοποιητές των ποζολανικών αντιδράσεων). Έτσι, σχηματίζονται ασθενείς ζώνες ή περιοχές συγκέντρωσης τάσεων.

Για να διευκολυνθεί η διασπορά των νανοσωλήνων άνθρακα CNTs σε μήτρα τσιμεντόπαστας χρησιμοποιούνται διάφορες ενώσεις όπως πολυκαρβοξυλικές, Αραβικό κόμμι, αλκυλο βενζυλο σουλφονικό νάτριο και πολυακρυλικό οξύ. Ειδικά το πολυακρυλικό οξύ δρα και ως πλαστικοποιητής για την τσιμεντόπαστα και ως μέσο διασποράς για τους νανοσωλήνες άνθρακα CNTs. Η διασπορά υποβοηθάται με τη χρήση υπερήχων όπως πχ στην περίπτωση CNTs και τσιμέντου Portland σε ισοπροπανόλη, η οποία στη συνέχεια απομακρύνεται μέσω εξάτμισης. Όμως αν και βελτιώνεται η διασπορά, πλήττεται η επιφάνεια των κόκκων με αποτέλεσμα να καθυστερεί η φάση της ενυδάτωσης. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται με τα CNTs είναι πως οι ιδιότητες τους διαφοροποιούνται ανάλογα με την παρτίδα και τη μέθοδο καθαρισμού τους από ανεπιθύμητες προσμίξεις. Επίσης αν και συχνά επιτυγχάνεται

καλή διασπορά των νανοσωματιδίων σε τσιμεντόπαστα, αυτό δεν εξασφαλίζει απαραίτητα και ικανοποιητική διασπορά τους σε σκυρόδεμα.

Προς το παρόν πάντως το κόστος των CNTs για χρήση σε σύνθετα τσιμεντικής μήτρας σε μεγάλες κατασκευές από σκυρόδεμα θεωρείται απαγορευτικό (Hanus & Harris, 2013).

2.3.2. Παρακολούθηση Δομικής ακεραιότητας κτιρίων

Ο έλεγχος της ακεραιότητας των κτιρίων με άμεση οπτική παρατήρηση έχει υψηλό κόστος λόγω του απαιτούμενου χρόνου και εργατικού δυναμικού, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εντοπίσει βλάβες/ζημιές μόνο στην επιφάνεια της κατασκευής. Υπολογίζεται πως το κόστος για την αντικατάσταση γεφυρών στις Η.Π.Α. ξεπερνάει τα 10 δις δολάρια το χρόνο, ποσό που θα μπορούσε να μειωθεί, εάν η μέθοδος αξιολόγησης της δομικής ακεραιότητας ήταν πιο ακριβής. Ενδεχομένως κάποιες γέφυρες να αντικαθίστανται ή να μετασκευάζονται χωρίς αυτό να είναι απολύτως απαραίτητο ή κάποιες που χρήζουν αντικατάστασης ή μετασκευής δεν εντοπίζονται. Οι πιο ακριβείς μέθοδοι που ελέγχουν τη δομική ακεραιότητα των κατασκευών περιλαμβάνουν την ανάλυση συνεχών μετρήσεων από αισθητήρες που συλλέγουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και μπορούν να εφαρμοστούν με τους παρακάτω τρόπους:

-Μέσω αισθητήρων που τοποθετούνται στην επιφάνεια της κατασκευής

-Μέσω αισθητήρων που ενσωματώνονται στο σκυρόδεμα

-Μέσω κατασκευών (ή τμήματα κατασκευών) από «έξυπνο» σκυρόδεμα, το οποίο έχει την εγγενή ιδιότητα να ανιχνεύει παραμορφώσεις ή και άλλες καταπονήσεις.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί περισσότερο αποτελεσματικά συστήματα ελέγχου της δομικής ακεραιότητας των κτιρίων, κάποια από τα οποία έχουν τοποθετηθεί σε διάφορες τοποθεσίες όπως πχ στις γέφυρες Ting Kau, Tsing Ma και Kap Shui Mun στο Hong-Kong, στη γέφυρα Ρίου Αντιρρίου στην Ελλάδα, στη Huey P. Long στις Η.Π.Α..

Τα συστήματα αυτά λειτουργούν είτε ανιχνεύοντας μια ηλεκτρική ή οπτική απόκριση σε τάση ή παραμόρφωση, είτε μετρώντας τη μεταβολή κάποιας ηλεκτρικής ιδιότητας

(συνήθως της ηλεκτρικής αντίστασης) που συνδέεται με την αύξηση της τάσης ή παραμόρφωσης.

Με την προσθήκη νανοσωματιδίων Fe_2O_3 ή νανο ινών άνθρακα ενισχύεται η ικανότητα του σκυροδέματος να ανιχνεύει (self-sensing concrete) μεγάλο εύρος τάσεων/παραμορφώσεων, ενώ η απόκριση είναι αναστρέψιμη (response is reversible) και ταυτόχρονα οι μηχανικές ιδιότητες βελτιώνονται (η αντοχή σε θλίψη, η αντοχή σε κάμψη και η ολκιμότητα).

2.3.3. Αντιμικροβιακές επιφάνειες

Οι αντιμικροβιακές επιφάνειες έχουν εφαρμογές σε νοσοκομεία, σε βρεφονηπιακούς ή παιδικούς σταθμούς, γηροκομεία κλπ με στόχο να περιορίσουν την εξάπλωση των ασθενειών. Τις τελευταίες δεκαετίες, οι ενδοноσοκομειακές λοιμώξεις και η εξάπλωση παθογόνων οργανισμών ανθεκτικών στα αντιβιοτικά προκαλούν πολλές επιπλοκές στους ασθενείς και αυξάνουν τα ποσοστά θνησιμότητας.

Δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως, υπολογίζεται πως είναι φορείς του χρυσίζοντος σταφυλόκοκκου ή *Stafylococcus aureus* (*S. aureus*) και περίπου 53 εκατομμύρια από αυτούς είναι φορείς του χρυσίζοντος σταφυλόκοκκου που είναι ανθεκτικός στη μεθικιλίνη (methicillin resistant *S. aureus* ή MRSA). Το 2005 στις Η.Π.Α., οι λοιμώξεις που σχετίζονταν με τον *S. Aureus* ευθύνονταν για 500.000 εισαγωγές σε νοσοκομεία και περίπου 11.000 θανάτους (από τους οποίους το 58% από τις εισαγωγές σε νοσοκομεία και 5.000 θάνατοι οφείλονταν σε κάποιο ανθεκτικό στέλεχος). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EU), σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης & Ελέγχου Νοσημάτων (European Centre for Disease Prevention and Control) περίπου 4 εκατομμύρια άνθρωποι νοσούν από ενδοноσοκομειακές λοιμώξεις (από τις οποίες το 5% οφείλεται στον MRSA) και 37.000 χάνουν τη ζωή τους εξαιτίας κάποιας ενδοноσοκομειακής λοίμωξης. Το ετήσιο κόστος των ενδοноσοκομειακών λοιμώξεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανέρχεται στα 5.5 δις ευρώ λόγω της μακράς νοσηλείας που απαιτείται. Όταν κάποιος που νοσεί από ενδοноσοκομειακή λοίμωξη αγγίζει τοίχους, δάπεδα ή και άλλες επιφάνειες, αυτές γίνονται ιδανικό θρεπτικό υπόστρωμα για τα παθογόνα βακτήρια. Υπολογίζεται μάλιστα πως το 15% των ενδοноσοκομειακών λοιμώξεων οφείλονται σε μετάδοση μέσω αντικειμένων που έχουν μολυνθεί από ανθρώπινη πηγή.

Εκτός όμως από τις ενδονοσοκομειακές λοιμώξεις που πλήττουν την ανθρωπότητα υπάρχουν και λιγότερο σοβαρά προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την ανάπτυξη μικροβίων και βακτηρίων στα συστήματα τεχνητού αερισμού & κλιματισμού και τη μετάδοσή τους διαμέσου του αέρα όπως συμβαίνει πχ στο σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου. Τα νανοσωματίδια με αντιμικροβιακές ιδιότητες μπορεί να είναι :

-φυσικά προϊόντα βιολογικών διεργασιών, όπως πχ η χιτίνη, η χιτοζάνη και κάποια πεπτίδια, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην επεξεργασία νερού, για τη διατήρηση τροφίμων

-μέταλλα ή οξείδια μετάλλων, όπως πχ Ag (άργυρος), TiO_2 (διοξείδιο του τιτανίου), ZnO (οξείδιο του ψευδαργύρου) Cu (χαλκός), CuO (οξείδιο του χαλκού), MgO (οξείδιο του μαγνησίου)

- νανοϋλικά που σχεδιάζονται και παρασκευάζονται σκόπιμα, όπως πχ CNTs, φουλερένια

Η αντιμικροβιακή δράση των νανοσωματιδίων γίνεται αλληλεπιδρώντας με τα μικροβιακά κύτταρα απευθείας (εμποδίζοντας την μετατόπιση ηλεκτρονίων διαμέσου των κυτταρικών μεμβρανών, διασπώντας/διεισδύοντας στο κυτταρικό περίβλημα ή οξειδώνοντας τα συστατικά των κυττάρων) ή/και συνθέτοντας παραπροϊόντα με καταστροφική δράση (πχ δραστικές μορφές οξυγόνου ή διαλυμένα ιόντα βαρέων μετάλλων). Οι κύριοι μηχανισμοί που ακολουθούν τα νανοσωματίδια όταν δρουν ως αντιμικροβιακοί παράγοντες φαίνονται στην εικόνα 2.1 (Qu et al., 2013)

Nanomaterials	Antimicrobial mechanisms
Nano-Ag	Release of silver ions, protein damage, suppression of DNA replication, membrane damage
Nano- TiO_2	Production of ROS
Nano- ZnO	Release of zinc ions, production of H_2O_2 , membrane damage
Nano- MgO	Membrane damage
Nano- Ce_2O_4	Membrane damage
nC_{60}	ROS-independent oxidation
Fullerol and aminofullerene	Production of ROS
Carbon nanotubes	Membrane damage, oxidative stress
Graphene-based nanomaterials	Membrane damage, oxidative stress

Εικόνα 2.1 Κύριοι αντιμικροβιακοί μηχανισμοί

Η χρήση νανοσωματιδίων ως αντιμικροβιακοί παράγοντες παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές χημικές, φωτοχημικές και φυσικές μεθόδους απολύμανσης. Για παράδειγμα τα νανοσωματίδια Ag (αργύρου) και Cu (χαλκού) έχουν ισχυρή τοξική δράση σε μεγάλο φάσμα μικροοργανισμών, αλλά εξαιρετικά χαμηλή στον ανθρώπινο οργανισμό. Αντίθετα πολλά συμβατικά απολυμαντικά όπως τα περισσότερα χημικά με αντιμυκητιασική δράση είναι τοξικά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Επίσης η απολύμανση με νανοσωματίδια TiO_2 (διοξείδιου του τιτανίου) πάνω σε υπόστρωμα είναι πιο αποτελεσματική έναντι της χρήσης χλωρίου λόγω σταθερότητας και μακροπρόθεσμης δραστηριότητας. Ως προς την πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικότητας κάποιων μικροβιακών στελεχών σε νανοσωματίδια με αντιμικροβιακή δράση, οι ερευνητές δεν έχουν καταλήξει σε κάποιο συμπέρασμα. Κάποιοι υποστηρίζουν πως η ανάπτυξη της ανθεκτικότητας δεν είναι εφικτή λόγω των διαφορετικών μηχανισμών που ακολουθούν τα νανοσωματίδια όταν δρουν ως αντιμικροβιακοί παράγοντες και άλλοι πως η ανθεκτικότητα κάποιων μικροβιακών στελεχών ήδη έχει αναπτυχθεί, χωρίς όμως να μπορεί να επιβεβαιωθεί λόγω έλλειψης τυποποιημένων μεθόδων ελέγχου/ανίχνευσης.

Τα νανοϋλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχουν ως βάση τους τον άργυρο Ag και το διοξείδιο του τιτανίου TiO_2 . Ειδικά τα νανοσωματίδια άργυρου Ag εμφανίζονται ως συστατικά υφασμάτων και βαφών εσωτερικής τοιχοποιίας και αναμένεται να εκτοπίσουν άλλες μορφές Ag πχ ιόντα που χρησιμοποιούνται σε υλικά που ήδη πωλούνται στην αγορά.

α. Μέταλλα και Οξείδια μετάλλων σε μορφή νανοσωματιδίων για αντιμικροβιακή δράση

Η αποτελεσματικότητα των μετάλλων και οξειδίων μετάλλων πχ Ag (άργυρος), TiO_2 (διοξείδιο του τιτανίου), ZnO (οξείδιο του ψευδαργύρου) Cu (χαλκός), CuO (οξείδιο του χαλκού), MgO (οξείδιο του μαγνησίου) ως αντιμικροβιακοί παράγοντες καλύπτει μεγάλο εύρος από βακτήρια (κάποια στελέχη μπορεί να είναι και ανθεκτικά σε αντιβιοτικά), ιούς, μύκητες και φύκη. Για παράδειγμα η ευαισθησία των μικροοργανισμών στα φωτοκαταλυτικά νανοσωματίδια TiO_2 ακολουθεί την παρακάτω σειρά : ιοί>gram-αρνητικά βακτήρια>gram-θετικά βακτήρια>ζυμομύκητες>μυκηλιακοί μύκητες.

Ο μηχανισμός της φωτοκατάλυσης εξηγείται μέσω της θεωρίας των ημιαγωγών. Η ηλεκτρονική δομή των περισσότερων ημιαγωγικών υλικών περιλαμβάνει δύο σημαντικές ενεργειακές στάθμες:

-τη ζώνη σθένους (valence band, VB), που αποτελεί την ανώτερη στάθμη που είναι συμπληρωμένη από ηλεκτρόνια

και

-τη ζώνη αγωγιμότητας (conduction band, CB), που αποτελεί την χαμηλότερη στάθμη που δεν περιέχει ηλεκτρόνια. Ανάμεσά τους παρεμβάλλεται μια περιοχή απαγορευμένων ενεργειακών καταστάσεων, η οποία ονομάζεται απαγορευμένη ζώνη. Η απαγορευμένη αυτή ζώνη εκτείνεται από το πάνω άκρο της κατειλημμένης ζώνης σθένους ως το κάτω άκρο της κενής ζώνης αγωγιμότητας και χαρακτηρίζεται από μια ενέργεια $\leq 4\text{eV}$, γνωστή και ως ενεργειακό χάσμα (band gap energy, E_g).

Το ενεργειακό χάσμα, καθώς και η θέση του κατώτερου τμήματος της ζώνης αγωγιμότητας και του ανώτερου σημείου της ζώνης σθένους, είναι οι τρεις σημαντικότεροι παράγοντες της δομής των ημιαγωγών αναφορικά με τις φωτοκαταλυτικές διεργασίες. Το ενεργειακό χάσμα, καθορίζει ποιο μήκος κύματος ακτινοβολίας είναι το πιο αποτελεσματικό, και η θέση του ανώτερου σημείου της ζώνης σθένους καθορίζει κυρίως την οξειδωτική δύναμη αποδόμησης του καταλύτη. Εάν ένα τέτοιο ημιαγωγικό υλικό ακτινοβοληθεί με ενέργεια $h\nu \geq E_g$, είτε από μια μονάδα UV, είτε από τον ήλιο, ηλεκτρόνια υπερπηδούν το ενεργειακό χάσμα μεταξύ των δύο ζωνών και μεταφέρονται στην ζώνη αγωγιμότητας (conduction band electrons, e^-). Παράλληλα δημιουργούνται θετικά φορτισμένες οπές στην ζώνη σθένους (valence band holes, h^+).

$$h\nu \rightarrow e^- + h^+ \quad (\text{εξίσωση 2.1})$$

όπου h : σταθερά του Planck και ν : συχνότητα

Τα διεγερμένα αυτά ηλεκτρόνια της ζώνης αγωγιμότητας και οι οπές της ζώνης σθένους μπορούν είτε να επανασυνδεθούν στο εσωτερικό του σωματιδίου του ημιαγωγού αποδίδοντας θερμότητα, είτε να διαχυθούν προς την επιφάνειά του. Τα ζεύγη οπών-ηλεκτρονίων τα οποία έχουν διαχυθεί στην επιφάνεια του ημιαγωγού μπορούν είτε να επανασυνδεθούν αποδίδοντας θερμότητα, είτε να αντιδράσουν με

δότες ή δέκτες ηλεκτρονίων που είναι προσροφημένοι στην επιφάνεια του ημιαγωγού και να προκαλέσουν αντίστοιχα οξείδωση ή αναγωγή.

Το ελάχιστο μήκος κύματος της ακτινοβολίας που απαιτείται για να προωθηθεί ένα ηλεκτρόνιο από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας εξαρτάται από την ενέργεια χάσματος του φωτοκαταλύτη.

Στην περίπτωση που ως ημιαγωγός χρησιμοποιείται το διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2)-χαμηλού κόστους και βρίσκεται σε αφθονία στη γη-, η ενέργεια χάσματος είναι $E_g = 3,2 \text{ eV}$, το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που απαιτείται είναι $\lambda < 380 \text{ nm}$ και ο συνολικός μηχανισμός της αντίδρασης περιγράφεται ως εξής:

Ακτινοβολήση καταλύτη TiO_2 και φωτο-δημιουργία οπών και ηλεκτρονίων :

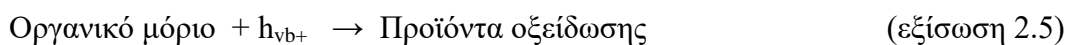
$$\lambda < 380 \text{ nm}$$



Το υψηλό οξειδωτικό δυναμικό της οπής (h^+), οξειδώνει άμεσα την οργανική ένωση σε ενεργά ενδιάμεσα προϊόντα και συγκεκριμένα, οι ιδιαίτερα ενεργές ρίζες υδροξυλίου σχηματίζονται με την αντίδραση των θετικά φορτισμένων οπών είτε μέσω της διάσπασης των μορίων νερού είτε μέσω της αντίδρασης των ανιόντων υδροξυλίου OH^- με τις οπές σε αλκαλικό περιβάλλον :



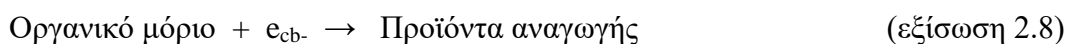
Η οξείδωση των προσροφώμενων οργανικών μορίων, από τις φωτοδημιουργημένες οπές, στην επιφάνεια του καταλύτη σε διάφορα οξειδωτικά προϊόντα περιγράφεται από την παρακάτω αντίδραση :



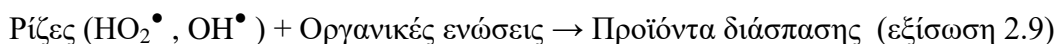
Τα ηλεκτρόνια στην ζώνη αγωγιμότητας (e_{cb-}) της επιφάνειας του καταλύτη, ανάγουν το μοριακό οξυγόνο σε ανιόν ρίζας υπεροξειδίου. Το O_2 , προσροφημένο στην επιφάνεια του καταλύτη ή διαλυμένο στο νερό, λειτουργεί σαν δέκτης e^- :



Τα φωτοδημιουργημένα ηλεκτρόνια αντιδρούν με τα προσροφώμενα οργανικά συστατικά στην επιφάνεια του καταλύτη μέσω αναγωγικών αντιδράσεων :



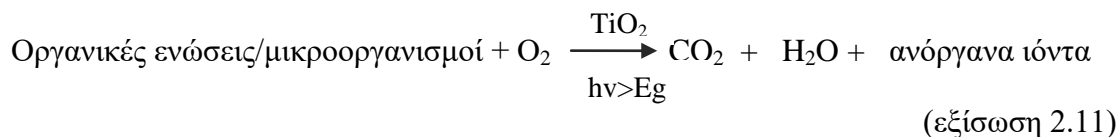
Οι οργανικές ενώσεις ή οι μικροοργανισμοί αποδομούνται από τις ρίζες υδροξυλίου και τα ανιόντα ρίζας υπεροξειδίου :



Τα φωτοδημιουργημένα ηλεκτρόνια και οι φωτοδημιουργημένες οπές επανασυνδέονται σύμφωνα με την αντίδραση 2.10 :



Παρουσία διαλυμένου οξυγόνου, TiO_2 και ακτινοβολήση του διαλύματος, η συνολική αντίδραση που λαμβάνει χώρα μπορεί να παρασταθεί ως εξής:



Αξίζει να σημειωθεί πως το TiO_2 μπορεί να ενεργοποιηθεί, ακόμα κι αν εκτεθεί τυχαία σε φυσικό ή τεχνητό φως. Το βακτήριο *Escherichia coli* (*E.coli*) αδρανοποιείται ακόμα και μετά από έκθεση μίας ώρας σε υπεριώδη ακτινοβολία σε εξωτερικό χώρο και εξαφανίζεται πλήρως μετά από έκθεση μιας εβδομάδας σε

υπεριώδη ακτινοβολία 1mW/cm^2 . Η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε εσωτερικό χώρο συνήθως ανέρχεται σε κάποιες εκατοντάδες nW/cm^2 , περίπου 3 τάξεις μεγέθους χαμηλότερη σε σχέση με την ένταση σε εξωτερικό χώρο, άρα η φωτοκαταλυτική αποικοδόμηση των μικροοργανισμών απαιτεί περισσότερο χρόνο σε εσωτερικό χώρο.

Επίσης με προσθήκη κατάλληλων προσμίξεων (doping με ευγενή μέταλλα όπως πχ Ag, Ni, Pt, Au, Ag, Cu, Rh, Pd και οξείδια μετάλλων όπως πχ ZnO, WO₃, SiO₂, CrO₃ ή αμέταλλα όπως πχ C, N, S, P) στο TiO₂ μειώνεται το ενεργειακό χάσμα, αυξάνεται η ενδογενής ημιαγωγιμότητα του και η φωτοκατάλυση μπορεί να ξεκινήσει ακόμα και με ορατό φως. Σε αυτή την περίπτωση βέβαια αυξάνεται το κόστος του αντίστοιχου νανοϋλικού, όμως διοξείδιο του τιτανίου που ενεργοποιείται με ορατό φως κυκλοφορεί στο εμπόριο.

Πάντως τα νανοσωματίδια TiO₂ χρησιμοποιούνται ήδη σε υλικά επικάλυψης και βαφές για απολύμανση και εξολόθρευση του MRSA που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

β. Αντιμικροβιακά υλικά επικάλυψης από αντιμικροβιακά νανοσωματίδια

Η προσθήκη νανοσωματιδίων Ag (αργύρου) σε εμπορικές βαφές προσδίδει αντιμικροβιακές ιδιότητες στη βαφή, ακόμα κι αν βρίσκονται σε συγκεντρώσεις της τάξης των μερών ανά εκατομμύριο και μάλιστα χωρίς να επηρεάζουν την απόχρωση. Προσθέτοντας 5% κατ'όγκο σωματίδια ZnO διαστάσεων 30-40nm ή 5% κατά βάρος νανοσωματίδια MgO σε βαφή εσωτερικής τοιχοποιίας (υδατοδιαλυτή ακρυλική μπογιά και τροποποιημένη φαινυλο-προπυλική αντίστοιχα), η βαφή αποκτά αντιβακτηριδιακές και αντιμυκητιακές ιδιότητες.

Επίσης, ο MRSA σε υδατοδιαλυτό χρώμα περιεκτικότητας 1% m/v σε νανοσωματίδια Ag επί βαναδικού άργυρου, δίνει ζώνη αναστολής 4 mm. Αλλά και ο βερμικουλίτης (ένυδρο φυλλοπυριτικό ορυκτό) που χρησιμοποιείται ως πληρωτικό υλικό σε χρώματα, πλαστικά, πυρίμαχα υλικά, σκυρόδεμα ούτως ή άλλως λόγω του χαμηλού του κόστους, σε συνδυασμό με νανοσωματίδια Cu χαλκού προσδίδει στα χρώματα αντιμικροβιακές ιδιότητες.

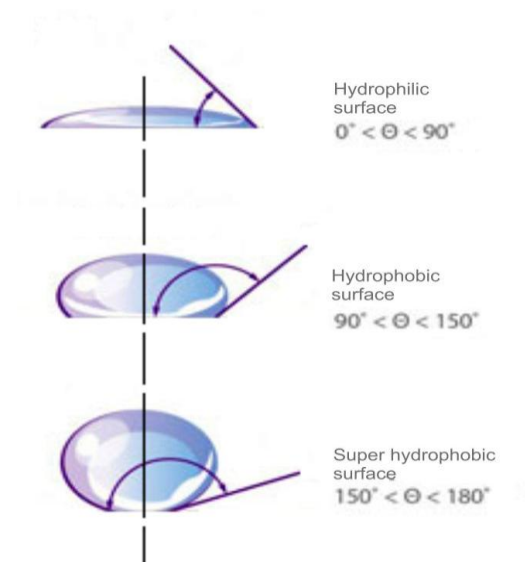
γ. Σχεδιασμός & επεξεργασία νανοσωματιδίων με αντιμικροβιακές ιδιότητες

Τα νανοσωματίδια άνθρακα πχ τα φουλερένια , οι νανοσωλήνες άνθρακα και οι κβαντικές τελείες (ημιαγώγιμοι νανοκρύσταλλοι) εμφανίζουν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Οι επιστήμονες δεν έχουν αποκωδικοποιήσει πλήρως το μηχανισμό της αντιμικροβιακής δράσης των νανοσωματιδίων που σχεδιάζονται. Μικρότερα συσσωματώματα από το φουλερένιο C₆₀ εμφανίζουν ισχυρή αντιμικροβιακή δράση και μάλιστα δυσανάλογα μεγαλύτερη από την υποτιθέμενη αύξηση στην ειδική επιφάνεια. Ο αντιβακτηριακός μηχανισμός είτε γίνεται με φωτοκατάλυση είτε όχι οδηγεί στη δημιουργία δραστικών μορφών οξυγόνου που προκαλούν σχάση του DNA και οξειδωτική αποικοδόμηση των λιπιδίων.

Όσον αφορά τον ακριβή μηχανισμό αντιβακτηριακής δράσης στα CNTs, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ενδεχομένως διακόπτει ενδομοριακές μεταβολικές οδούς, προκαλεί οξειδωτικό στρες και φυσική καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης. Σε κάθε περίπτωση, η διάμετρος των CNTs φαίνεται να είναι κρίσιμη παράμετρος για την αντιβακτηριακή δράση τους, με τους νανοσωλήνες με μονό τοίχωμα να εμφανίζουν μεγαλύτερη τοξικότητα σε σχέση με τους νανοσωλήνες πολλαπλού τοιχώματος.

2.3.4. Αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες

Οι αυτοκαθαριζόμενες επιφάνειες χωρίζονται σε υπερυδρόφοβες και υπερυδρόφιλες. Οι υδρόφοβες επιφάνειες ορίζονται ως επιφάνειες στις οποίες μια σταγόνα νερού σχηματίζει γωνία επαφής (η γωνία μεταξύ της στερεής επιφάνειας και της εφαπτομένης της υγρής φάσης στη διεπιφάνεια των τριών φάσεων στερεής , υγρής και αέριας) όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2 μεγαλύτερη των 90° και υπερυδρόφοβες όταν η γωνία επαφής ξεπερνά τις 150°. Η υστέρηση της γωνίας επαφής, ορίζεται ως η διαφορά της προελαύνουσας (advancing) και υποχωρούσας (receding) γωνίας και πρακτικά δείχνει πόσο εύκολα μια σταγόνα ρέει πάνω σε ένα φιλμ και τελικά απομακρύνεται παρασύροντας σκόνη και ρύπους. Ο συνδυασμός υπερυδροφοβικότητας και χαμηλής υστέρησης γωνίας επαφής ενεργοποιεί το μηχανισμό αυτο-καθαρισμού των επιφανειών. Η υδροφοβικότητα μιας επιφάνειας καθορίζεται από τη δομή και τη χημεία της ή αλλιώς την επιφανειακή ενέργεια.



Εικόνα 2.2 Γωνία επαφής για υδρόφιλη, υδρόφοβη και υπερυδρόφοβη επιφάνεια

Στη φύση συναντά κανείς υδρόφοβες επιφάνειες όπως πχ τα φύλλα διαφόρων φυτών όπως ο λωτός, το λάχανο, το ρύζι κλπ. Η επιφάνειά τους μπορεί να είναι δομημένη ιεραρχικά (με στοιχεία κλίμακας νανο επί στοιχείων κλίμακας μικρο) ή να είναι ενιαία (σαν τάπητας από μικρο ή νανο- ίνες).

Οι τεχνητές υδρόφοβες επιφάνειες αποτελούν προϊόντα «βιομίμησης», προσπάθειας δηλαδή του ανθρώπου να μιμηθεί το σύστημα δόμησης των επιφανειών που ακολουθεί η φύση και περιλαμβάνει:

- ελεγχόμενη σκλήρυνση της επιφάνειας υλικού με χαμηλή επιφανειακή ενέργεια με στόχο συγκεκριμένη μικρο ή νανο δομή.

- σύνθεση επιφάνειας με συγκεκριμένη μικρο και νανο-δομή και ακόλουθη μετατροπή της επιφανειακής ενέργειας (πχ με πρόσθεση υλικού χαμηλής επιφανειακής ενέργειας).

Τα νανোসωματίδια πχ SiO_2 , SiC , CNTs λόγω του μεγέθους τους είναι διαφανή στο ορατό φάσμα και γι αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη διαφανών υπερυδρόφοβικών υλικών επικάλυψης για αυτο-καθαριζόμενες γυάλινες επιφάνειες.

Ο χαμηλός συντελεστής διάθλασης των υλικών επικάλυψης με βάση τα νανোসωματίδια SiO_2 οδηγεί παράλληλα και σε αντιανακλαστικές ιδιότητες όταν χρησιμοποιείται σε γυαλί. Με απόθεση νανোসωματιδίων SiO_2 σε διαδοχικές

στρώσεις πάνω σε γυάλινη επιφάνεια επιτυγχάνεται υλικό επικάλυψης με υστέρηση γωνίας επαφής μικρότερης των 5° και μετάδοση φωτός πάνω από 90% στο ορατό φάσμα.

Τα υδρόφοβα αυτο-καθαριζόμενα χρώματα λόγω μείωσης του κόστους συντήρησης τοίχων και προσόψεων μπορούν να αποδειχθούν ιδιαίτερα χρήσιμα και ήδη κυκλοφορούν στο εμπόριο πχ Lotusan, Deletum. Οι υδρόφοβες επιφάνειες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για να μειώνουν τη συσσώρευση του χιονιού ή για να μειώνεται ο σχηματισμός πάγου σε στερεές επιφάνειες (πχ δρόμους, τζάμια), ιδιαίτερα σε περιοχές που οι θερμοκρασίες είναι υπό το μηδέν.

Οι υδρόφιλες επιφάνειες έχουν γωνία επαφής μικρότερη από 90° , ενώ οι υπερυδρόφιλες έχουν γωνία επαφής που προσεγγίζει τις 0° και συνήθως κατασκευάζονται από υλικά με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες όπως πχ το TiO_2 .

Οι υδρόφιλες φωτοκαταλυτικές επιφάνειες διευκολύνουν την αποικοδόμηση ενός ευρέως φάσματος οργανικών ρυπαντών (organic pollutants) όπως πχ αρωματικές ενώσεις, πολυμερή, βαφές, επιφανειοδραστικές ουσίες και πολλές ενώσεις που μπορεί να ανιχνευθούν σε κηλίδες (σύνθετα υλικά που προκύπτουν από ατμοσφαιρικούς ρύπους που προσκολλώνται σε επιφάνειες με τη βοήθεια οργανικών συνδετικών μέσων όπως πχ οι υδρογονάνθρακες και τα λιπαρά οξέα και δεσμεύουν αιωρούμενα στερεά και σκόνη) σε εξωτερικές επιφάνειες παρουσία οξυγόνου. Επίσης τα αυτο-καθαριζόμενα, φωτοκαταλυτικά και υπερυδρόφιλα υλικά επικάλυψης καταλύουν και την αντίδραση αποικοδόμησης ουσιών ελαιώδους βάσης. Αυτό αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα των υδρόφιλων αυτο-καθαριζόμενων επιφανειών, αφού ρύποι ελαιώδους βάσης μπορούν να αναιρέσουν τον υδρόφοβο μηχανισμό αυτο-καθαρισμού.

Ο μηχανισμός αυτο-καθαρισμού φωτοκαταλυτικών επιφανειών είναι διττός: Πολλές οργανικές ενώσεις υπό την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας διασπώνται προς CO_2 και H_2O . Όταν λοιπόν, το νερό έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια δημιουργεί στρώσεις (sheets) και παρασύρει τις ακαθαρσίες και άλλους ρύπους. Οι ομάδες υδροξυλίου που δημιουργούνται στις επιφάνειες αφενός ενισχύουν τον υδρόφιλο χαρακτήρα των επιφανειών, αφετέρου δε, συμβάλλουν στον σχηματισμό ελευθέρων ριζών υδροξυλίου που με τη σειρά τους αποικοδομούν τις οργανικές ενώσεις. Αξίζει να σημειωθεί πως η προσρόφηση οργανικών ρύπων μπορεί να μετατρέψει μια

φωτοκαταλυτική επιφάνεια από υπερυδρόφιλη σε υδρόφοβη, οπότε η φωτοκαταλυτική διάσπαση των ρύπων αποτελεί προϋπόθεση για να διατηρήσει η επιφάνεια τον υδρόφιλο χαρακτήρα της.

Η αγορά των αυτο-καθαριζόμενων προϊόντων (υδρόφιλου χαρακτήρα) διαθέτει προϊόντα για χρήση στον κατασκευαστικό τομέα πχ πλακάκια, γυαλί, πλαστικά φιλμ, τέντες, τσιμέντο κλπ. Στην Ιαπωνία οι αυτο-καθαριζόμενες επιφάνειες με βάση το TiO_2 χρησιμοποιούνται σε χιλιάδες κτίρια όπως πλακάκια ή αυτο-καθαριζόμενο γυαλί (πχ 20.000 τμ αυτο-καθαριζόμενου γυαλιού χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Central Japan Airport) ή αυτο-καθαριζόμενες τέντες σε σταθμούς λεωφορείων και τρένων, σε αθλητικά κέντρα, σε πάρκα κλπ. Στην Ιαπωνία υπάρχουν πάνω από 2000 εταιρείες που ασχολούνται με την παραγωγή φωτοκαταλυτικών προϊόντων, που ανερχόταν σε αξία 30 δις γεν το 2003. Στην Ευρώπη, 1.000.000 m^2 επιφάνειας από φωτοκαταλυτικό τσιμέντο παρήχθη το 2007.

Το αυτο-καθαριζόμενο γυαλί λανσαρίστηκε από την Pilkington με την εμπορική ονομασία Activ το 2001. Από τότε και άλλες εταιρείες ασχολούνται με την παραγωγή και άλλων προϊόντων αυτο-καθαριζόμενου γυαλιού όπως Cardinal Glass Industries, Saint-Gobain, PPG Industries).

Η αγορά αυτο-καθαριζόμενων προϊόντων με βάση νανοσωματίδια TiO_2 όπως πρόσθετα για φωτοκαταλυτικό τσιμέντο, διαφανή αυτο-καθαριζόμενα υλικά επικάλυψης πρωτοεμφανίστηκαν στην αγορά πριν από λίγα χρόνια και αναμένεται να αναπτυχθούν περαιτέρω.

2.3.5. Μονωτικά υλικά Αερογέλης

Οι αερογέλες και οι θερμομονωτικές πλάκες κενού αποτελούν τα πλέον υποσχόμενα υλικά στον τομέα της θερμομόνωσης και ακουστικής μόνωσης. Οι αερογέλες πυριτίου αποτελούνται από διασταυρούμενη δομή αλυσίδων SiO_2 με μεγάλο αριθμό πόρων (διαστάσεων $<100\text{nm}$) που γεμίζουν με αέρα. Οι εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητές τους (εικόνα 2.3) οφείλονται στον αέρα και στο διοξείδιο του πυριτίου που είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να μειωθεί περισσότερο με διάφορους τρόπους όπως πχ με πλήρωση της αερογέλης με αέρια χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας όπως τα ευγενή αέρια, με μείωση του

μεγέθους των πόρων ή με εφαρμογή κενού στην αερογέλη. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της αερογέλης πυριτίου μπορεί να φθάσει το $0,02 \text{ W/mK}$ σε συνήθεις περιβαλλοντικές συνθήκες και πόρους αέρα ή και να πάρει ακόμα χαμηλότερες τιμές από $0,01 \text{ W/mK}$ υπό κενό (χαμηλότερη τιμή και από αυτή ενός μοντέρνου/νεόδμητου τοίχου). Όσον αφορά τα προϊόντα που κυκλοφορούν στο εμπόριο ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για αδιαφανείς αερογέλες πυριτίου έχει τιμή $0,013 \text{ W/mK}$ και για διαφανείς $0,3 \text{ W/mK}$.

Οι αερογέλες επιδεικνύουν εξαιρετική ηχομονωτική δράση. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η ταχύτητα του ήχου διαμέσου αερογέλης πυκνότητας $0,07 \text{ g/m}^3$ είναι 100 m/sec ή αλλιώς 3.5 φορές μικρότερη από την ταχύτητα του ήχου στον αέρα.



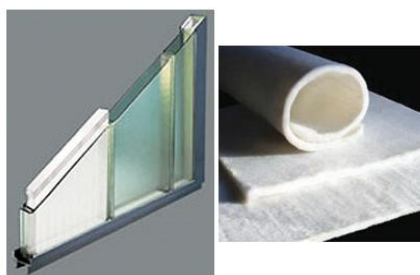
Εικόνα 2.3 Οι εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες της αερογέλης : Λουλούδι τοποθετημένο επί αερογέλης, που θερμαίνεται με λύχνο Bunsen, παραμένει άθικτο

Οι αερογέλες πυριτίου είναι από τα πιο ελαφριά στερεά που υπάρχουν στη γη ($d=0,1 \text{ g/cm}^3$). Έχουν πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες και ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε πίεση και υψηλή ελαστικότητα που διευκολύνει τη χρήση τους σε τοίχους πολύπλοκης γεωμετρίας. Είναι μόνιμα υδρόφοβα, γεγονός που αυξάνει το χρόνο ζωής των κτιρίων και βελτιώνει την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων. Επίσης υπάρχουν και σε διαφανή μορφή (διάδοση φωτός γύρω στο 80%) και αυτό τους επιτρέπει τη χρήση σε υαλοστάσια και φεγγίτες (εικόνα 2.4). Για παράδειγμα η

μονολιθική μορφή αερογέλης πυριτίου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε παράθυρα υψηλής ενεργειακής απόδοσης λόγω χαμηλού συντελεστή αγωγιμότητας και υψηλής διαπερατότητας ηλιακού φωτός.



Εικόνα 2.4 Ξύλινο πλαίσιο με (a): συμβατικό υαλοστάσιο, (b): με αερογέλη μεταξύ των στρώσεων γυαλιού (Buratti, Moretti, & Zinzi, 2017)



Εικόνα 2.5 Υφασμα αερογέλης υπερελαστικό.

Οι αδιαφανείς αερογέλες υψηλής ελαστικότητας (σε μορφή υφάσματος) προσφέρουν λύση στο πρόβλημα των θερμογεφυρών στο κτιριακό κέλυφος, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.5 (Bozic, 2015).

Επίσης σε κρυογενικά συστήματα που απαιτούν πολυστρωματική μόνωση και χρήση υψηλού κενού. Τα σφαιρίδια αερογέλης αποδίδουν και σε χαμηλό κενό και έχουν υψηλότερη μηχανική αντοχή, ευκολότερη εγκατάσταση και συντήρηση.

Οι αερογέλες επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα καθαρισμού αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων μετατρέποντας ρύπους (πχ χλώριο, πτητικές οργανικές ενώσεις VOC, φορμαλίνη από έπιπλα και βαφές κ.α) σε μη τοξικές ενώσεις βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματά τους, η χρήση των αερογελών περιορίζεται λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής (στάδιο υπερκρίσιμης ξήρανσης supercritical drying),

της τάσης που έχει να θρυμματίζεται σε σκόνη και των προβλημάτων υγείας που μπορεί να προκαλέσει (πυριτιάση, συσσώρευση σκόνης πυριτίου στους πνεύμονες) (PrakashC.Thapliya & Kirti, 2014). Παρόλα αυτά, η παγκόσμια αγορά από το 2003 έως το 2008 τριπλασιάστηκε, αγγίζοντας τα \$ 83 εκατομμύρια δολάρια, ενώ εκτιμάται πως θα φτάσει τα \$547.9 εκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2019 (<http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/aerogel-market.asp>, 2017). Οι κυριότεροι παραγωγοί είναι οι εξής: Aspen Aerogels (Η.Π.Α.), Cabot Corporation (Η.Π.Α.), Nanopore Inc (Η.Π.Α.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ : ΝΑΝΟΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑ

3.1 Νανοτοξικολογία –Ορισμός

Η έννοια της νανοεπιστήμης παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον φυσικό Richard Feynman σε διάλεξη που έδωσε το 1959 με τίτλο : “There is plenty of room at the bottom”. Όπως ανέφερε ο ίδιος χαρακτηριστικά, εμπνεύστηκε από το βιολογικό παράδειγμα εγγραφής πληροφοριών σε εξαιρετικά μικρή κλίμακα. *«Πολλά μικροσκοπικά, αλλά υπερδραστήρια κύτταρα που συνθέτουν ουσίες, περιφέρονται, συστρέφονται σπασμωδικά και αποθηκεύουν πληροφορία. Θεωρείστε τη δυνατότητα να μπορούμε να φτιάξουμε ένα πράγμα πολύ μικρό το οποίο κάνει αυτό που εμείς θέλουμε - ότι μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα αντικείμενο που ελίσσεται σε αυτή τη στάθμη»* (Feynman, 1959).

Αρκετά χρόνια αργότερα και συγκεκριμένα το 1986 ο Eric Drexler αναφέρεται στις πρωτοφανείς δυνατότητες της «νανοτεχνολογίας» στον τομέα της μοριακής σύνθεσης άτομο προς άτομο από νανο μηχανές συναρμολόγησης (molecular manufacturing MM), που εκτός από το να συνθέτουν, μπορούν και να επισκευάζουν (Seaton & Donaldson, 2005).

Από τότε μέχρι σήμερα, η νανοτεχνολογία αναπτύχθηκε με αλματώδεις ρυθμούς και συνεχίζει να αναπτύσσεται ανοίγοντας νέες προοπτικές στον ενεργειακό τομέα, (παραγωγή και αποθήκευση) στον κατασκευαστικό τομέα, στον τομέα της υγείας και των συστημάτων διάγνωσης, στη χημική βιομηχανία, στην τεχνολογία περιβάλλοντος, στην τεχνολογία της πληροφορίας κλπ. Και όπως συμβαίνει συνήθως με τις νέες τεχνολογίες, πίσω από τα τεράστια οφέλη ελλοχεύουν κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα.

Η βιομηχανία κλήθηκε να παράγει καινοτόμα και ποικίλα καταναλωτικά προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης με καινοφανείς ιδιότητες από καλλυντικά και φαρμακευτικά σκευάσματα μέχρι κινητά τηλέφωνα και επίπεδες οθόνες και μάλιστα σε μεγάλες ποσότητες. Έτσι, αν και τα στοιχεία για την ενδεχόμενη τοξικότητα των νανοσωματιδίων και νανοσωλήνων ήταν ελάχιστα, οι ενδείξεις οδήγησαν στο συμπέρασμα πως θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία τόσο στην αρχική πύλη εισόδου πχ στους πνεύμονες, όσο και σε άλλα όργανα αφού διαφύγουν των συστημάτων άμυνας του οργανισμού (Shvedova et al., 2016).

Επίσης, αν και τα νανοσωματίδια τις περισσότερες φορές είναι ενσωματωμένα στο καταναλωτικό προϊόν (πχ μέσω χημικού ή φυσικοχημικού δεσμού), η πιθανότητα έκθεσης σε νανοσωματίδια και νανοϋλικά, κατά την παραγωγή, χρήση και διαχείριση των αποβλήτων είναι σημαντική και χρήζει περαιτέρω έρευνας (Donaldson et al., 2004).

Μόλις έγιναν οι παραπάνω διαπιστώσεις, δημιουργήθηκε και ο κλάδος της νανοτοξικολογίας, που έχει την ιδιαιτερότητα να αναπτύσσεται με πολύ αργότερο ρυθμό από το ρυθμό ανάπτυξης των νανοϋλικών στα οποία εστιάζει.

Ως νανοτοξικολογία ορίστηκε αρχικά η επιστήμη που ασχολείται με την επίδραση των προϊόντων νανοτεχνολογίας, δηλαδή νανοσυσκευών και τεχνητών νανοδομών σε ζώντες οργανισμούς. Ο ορισμός αυτός προέκυψε από τον ορισμό της τοξικολογίας των υπερ-λεπτόκοκκων σωματιδίων που αιωρούνται στον αέρα.

Μια άλλη προσέγγιση του όρου «νανοτοξικολογία», βασίζεται στον υφιστάμενο ορισμό της τοξικολογίας όπως αποδίδεται από την Εταιρεία Τοξικολογίας (Society of Toxicology) και περιλαμβάνει όχι μόνο τη μελέτη των δυσμενών συνεπειών των προϊόντων νανοτεχνολογίας σε ζώντες οργανισμούς και το οικοσύστημα, αλλά και την πρόληψη και άμβλυνση αυτών. Με αυτόν τον τρόπο η σημασία της νανοτοξικολογίας στη νανοϊατρική γίνεται εξίσου προφανής με τη σημασία της τοξικολογίας στην ιατρική (Oberdoster, 2009).

Η νανοϊατρική και η νανοτοξικολογία αποτελούν δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Τόσο η εκ προθέσεως ενίσχυση/βελτίωση κάποιου χαρακτηριστικού (που μπορεί να είναι ακόμα και γενετικό) (theranostic nanomedicine), όσο και η τυχαία τοξικότητα των νανοϋλικών ενδέχεται να ακολουθούν τους ίδιους μηχανισμούς και να επηρεάσουν τις ίδιες μεταβολικές οδούς. Κατά συνέπεια, οι ερευνητικές προσπάθειες κατευθύνονται κυρίως στην αποκρυπτογράφηση των πιθανών οδών και μηχανισμών. Και αν και γίνεται διαρκής συζήτηση σχετικά με το αν η τοξικότητα των νανοσωματιδίων οφείλεται στο μέγεθος και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους και μπορεί να συσχετιστεί με μηχανισμούς που ακολουθούν συγκεκριμένα τα νανοσωματίδια, προς το παρόν δεν έχει αποδειχθεί κάτι τέτοιο. Δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν την ύπαρξη συγκεκριμένων για τα νανοσωματίδια μηχανισμών δράσης (Shvedova et al., 2016).

Τα νανοσωματίδια δεν είναι ούτε εγγενώς επικίνδυνα, ούτε εγγενώς ασφαλή και έχει ευρέως αναγνωριστεί πως δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον έναν ή τον άλλο τρόπο εξ'ορισμού στα προγράμματα έρευνας και αξιολόγησής τους. Η αξιολόγηση των νανοσωματιδίων πρέπει να βασίζεται όχι μόνο στους εγγενείς ενδεχόμενους κινδύνους, αλλά επίσης και στην πιθανή έκθεση των ανθρώπων σε αυτά κατά την παραγωγή, χρήση και τελική διάθεση των αποβλήτων (Boverhof, et al., 2015).

Τα νανοσωματίδια αποτελούν τυπική περίπτωση «επιστημονικής αβεβαιότητας» ως προς τους κινδύνους που μπορεί να επιφέρει η χρήση τους (Hansen, & Baun, 2009). Η έρευνα για πιθανή συνέργεια μεταξύ νανοϋλικών και ορμονικών διαταρακτών (Zheng et al. 2012) ή μεταξύ νανοϋλικών και οργανοχλωρίνων (Shi et al. 2010) έχει απασχολήσει τη σχετική βιβλιογραφία.

3.2 Πιθανοί κίνδυνοι από τα νανοϋλικά

Η έκθεση των ανθρώπων σε νανοσωματίδια δεν συμβαίνει αποκλειστικά τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Κατά τη διαδικασία διεργασιών υπό την επίδραση θερμότητας πχ της καύσης, της συγκόλλησης και σε άλλες φυσικές διεργασίες εκλύονται στην ατμόσφαιρα υπέρλεπτα σωματίδια εκατοντάδων νανόμετρων σε διάμετρο ή και μικρότερα (Schmid & Riediker, 2008). Οι κάτοικοι των σπηλαίων χρησιμοποιούσαν σωματίδια κάρβουνου ή αιθάλης για να ζωγραφίζουν στους τοίχους και οι υαλογράφοι χρησιμοποιούσαν σωματίδια χρυσού που έκαναν τα παράθυρα στους ναούς να έχουν αυτό το έντονο κόκκινο χρώμα που διατηρείται μέχρι και σήμερα. Αυτό που είναι διαφορετικό στην εποχή της νανοτεχνολογίας, είναι η ποικιλία των υλικών και μιγμάτων και το ευρύτατο φάσμα εφαρμογών τους, που αναμένεται να αυξήσουν τα επίπεδα νανοσωματιδίων στον άνθρωπο, τα φυτά, τα ζώα και τα περιβαλλοντικά συστήματα κατά τρόπο που εγείρει ζητήματα σχετικά με κίνδυνο R που προκύπτει από έκθεση E στα νέα υλικά και σε πηγές κινδύνου H που μπορεί να έχουν βιολογικές επιπτώσεις. Η πιθανότητα P των διεργασιών αυτών πρέπει να ληφθεί υπόψη. Διότι ο κίνδυνος υφίσταται εφόσον υπάρχει κάποια πιθανότητα να προκύψουν οι βιολογικές επιπτώσεις.

Η συνάρτηση μιας τέτοιας πιθανότητας $R = f_p\{E, H\}$ μπορεί να εξηγηθεί με ένα απλό παράδειγμα: Σωματίδια TiO_2 μεγέθους 25nm προστίθενται σε καλλυντικά αντιηλιακά για μέγιστη προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία. Η έκθεση σε TiO_2 συμβαίνει κάθε φορά που εφαρμόζεται αντιηλιακό στο δέρμα. Κατά συνέπεια, αν

και η έκθεση E είναι σχετικά υψηλή, δεν υπάρχει κίνδυνος εκτός και αν το TiO_2 προκαλέσει βιολογική βλάβη αφού καταφέρει να φτάσει ακριβώς στην περιοχή που συμβαίνει η βιολογική δράση (exerts a biological effect reaching the very site of biological action). Ταυτόχρονα, περισσότερες από 40 μελέτες (πχ το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Nanoderm) έχουν δείξει πως το TiO_2 δεν διεισδύει στο δέρμα για να εισέλθει στο σώμα και οι βιολογικές επιπτώσεις είναι γενικά μικρές. Έτσι δείχνει πως το H είναι σχετικά μικρό και πως σχεδόν δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος R για τον άνθρωπο. Και δεδομένου πως τα συστατικά ενός αντιηλικού αποδεσμεύονται στο περιβάλλον, η έρευνα πρέπει να εστιαστεί στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν και δεν είναι ξεκάθαρο εάν αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του τιτανίου, επηρεάζουν έμβιους οργανισμούς (Krug & Wick, 2011).

Στον πίνακα 3.1 συνοψίζονται κάποιες από τις διαφορές μεταξύ NPs (νανοσωματίδια <100nm) και μεγαλύτερων σωματιδίων >500nm που οδηγούν σε βιολογικές και τοξικολογικές επιπτώσεις όταν εισάγονται στον οργανισμό διαμέσου της αναπνευστικής οδού. Αξίζει να σημειωθεί πως παραμένει ομιχλώδης η περιοχή από 100 έως 500 nm και γι αυτό δεν αναφέρεται στον πίνακα, διότι δεν υπάρχει κάποια εύλογη αιτία από βιολογική άποψη για να τεθεί αυστηρά το όριο διαχωρισμού νανοσωματιδίων και μεγαλύτερων σωματιδίων στα 100nm. Για παράδειγμα τα στοιχεία δείχνουν πως ακόμα και σωματίδια πολυστυρενίου μεγέθους 240nm, μπορούν να συμπεριφέρονται ως νανοσωματίδια και να μετατοπίζονται κατά μήκος της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης στους πνεύμονες, όταν καλύπτονται με φωσφολιπίδια. Οι διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες μεταξύ NPs και μεγαλύτερων σωματιδίων καθορίζουν τη συμπεριφορά τους σε μορφή αερολύματος, τη βιοκατανομή τους στον οργανισμό καθώς μετατοπίζονται από το αρχικό σημείο εισόδου, τις κυτταρικές αλληλεπιδράσεις και τα αποτελέσματά τους, όπως φαίνονται στον πίνακα 3.1. Αν και πολλές από τις επιπτώσεις στο πρωταρχικό όργανο που συναντούν κατά την είσοδο τους, είναι ίδιες για νανοσωματίδια και μεγαλύτερα σωματίδια, στα όργανα που πλήττονται σε δεύτερη φάση τα αποτελέσματα διαφέρουν. Η μετατόπιση των μεγαλύτερων σωματιδίων στα δευτερεύοντα όργανα διαμέσου της αναπνευστικής οδού με πρόσληψη στους πνευμονικούς λεμφαδένες και στο κυκλοφορικό σύστημα μελετήθηκε σε συνθήκες υπερφόρτωσης των πνευμόνων με σωματίδια και σε φλεγμονώδη κατάσταση. Αυτό που διαφοροποιεί τα

νανοσωματίδια από τα ομόλογα τους μεγαλύτερων διαστάσεων είναι η δόση, οι φυσικοχημικές ιδιότητες και η βιοκινητική τους συμπεριφορά.

Πίνακας 3.1 Νανοσωματίδια έναντι μεγαλύτερων σωματιδίων : χαρακτηριστικά, βιοκινητική και επιπτώσεις (ως πύλη εισόδου η αναπνευστική οδός) (Oberdoster, 2009).

	Νανοσωματίδια <100nm	Μεγαλύτερα>500nm
Γενικά χαρακτηριστικά		
Λόγος : αριθμός/επιφάνεια ανά μονάδα όγκου	Υψηλός	Χαμηλός
Συσσωμάτωση στον αέρα, σε υγρά	Πιθανή (εξαρτάται από το μέσο : επιφάνεια)	Λιγότερο πιθανή
Απόθεση στην αναπνευστική οδό	Διάχυση : στην αναπνευστική οδό	Καθίζηση, ενσφηνώσεις, απόφραξη αναπνευστικής οδού
Προσρόφηση πρωτεϊνών/λιπιδίων in vitro	Ναι, σημαντική για βιοκινητική	Λιγότερο αποδοτική
Μετατόπιση σε δευτερογενή όργανα στόχους		
Κάθαρση	Ναι	Γενικά όχι (σε υπερφορτωμένο συκώτι)
Βλενοκροσσωτή	Μάλλον Ναι	Αποδοτική
Κυψελιδικά μακροφάγα	Ανεπαρκής	Αποτελεσματική
Λεμφική κυκλοφορία	Ναι	Υπερβολικός φόρτος
Κυκλοφορία αίματος	Ναι	Υπερβολικός φόρτος
Αισθητήριοι νευρώνες (πρόσληψη + μεταφορά)	Ναι	Όχι
Προσρόφηση πρωτεϊνών/λιπιδίων in vivo	Ναι	Μερικώς
	Νανοσωματίδια <100nm	Μεγαλύτερα>500nm

Είσοδος στην κυτταρική μεμβράνη	Ναι (εγκολπώσεις, κλαθρίνη, λιπιδιακές σχεδίες: διάχυση)	Κυρίως φαγοκύτταρα
Μιτοχόνδρια	Ναι	Όχι
Πυρήνας	Ναι (<40nm)	Όχι
Άμεσα αποτελέσματα (ανακόπτονται ανάλογα με χημικές αντιδράσεις και δόση)		
Σε δευτερεύοντα όργανα στόχους	Ναι	Όχι
Στο σημείο εισόδου (αναπνευστική οδός)	Ναι	Ναι
Φλεγμονή	Ναι	Ναι
Οξειδωτικό στρες	Ναι	Ναι
Ενεργοποίηση κυτταρικής σηματοδότησης	Ναι	Ναι
Γονοτοξικότητα	Μερικώς	Όχι
Καρκινογένεση	Ναι	Ναι

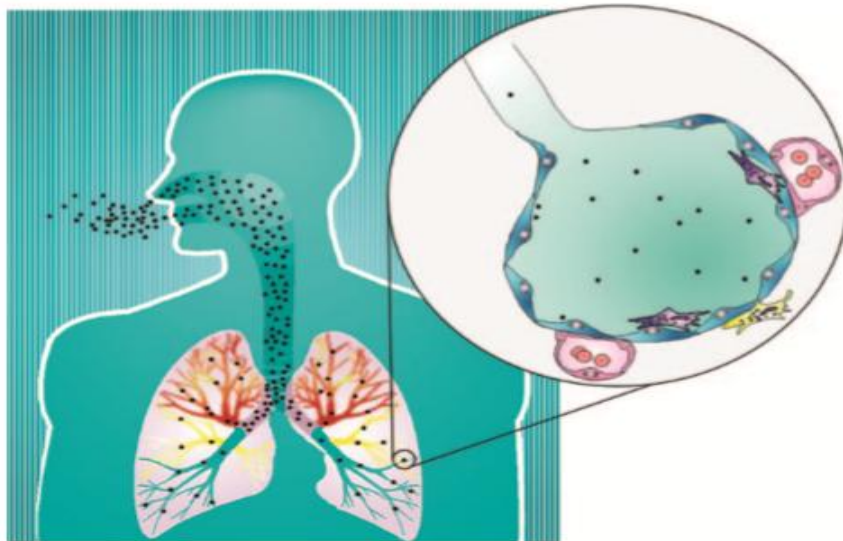
3.3 Πύλες εισόδου νανοσωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων αλληλεπιδρούν με τα συστατικά που συναντούν στο σημείο εισόδου στον ανθρώπινο οργανισμό και καθορίζουν την απορρόφηση και εκρόφηση πρωτεϊνών/λιπιδίων από την επιφάνειά τους (δυναμική διεργασία), που με τη σειρά τους καθορίζουν το πώς θα διασκορπιστούν διαμέσου φραγμών προς ιστούς και κύτταρα. Η τάση των νανοσωματιδίων να μετατοπίζονται από την αρχική πύλη εισόδου προς δευτερεύοντα όργανα έχει επιβεβαιωθεί, αν και οι ποσότητες των νανοσωματιδίων είναι εξαιρετικά χαμηλές, της τάξης του 1-2% (Oberdoster, 2009) .

3.3.1 Πνεύμονες: Η κύρια πύλη εισόδου για τα νανοσωματίδια

Οι πνεύμονες μεταφέρουν τον αέρα μέσω της αναπνευστικής οδού στις κυψελίδες, όπου το οξυγόνο του ανταλλάσσεται με το διοξείδιο του άνθρακα του αίματος που παράγεται κατά το μεταβολισμό. Υπάρχουν 300 εκατομμύρια κυψελίδες που διευκολύνουν την ανταλλαγή αερίων μέσω διάχυσης και καταλαμβάνουν συνολική επιφάνεια 140m^2 . Ο αέρας στις κοιλότητες των κυψελίδων βρίσκεται μερικές εκατοντάδες νανόμετρα μακριά από το αίμα. Οι κοιλότητες από τις κυψελίδες χωρίζονται μέσω του επιθηλίου και του ενδοθηλίου (στοιβάδα).

Τα ξένα σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων και των νανοσωματιδίων που αποτίθενται στους πνεύμονες, απομακρύνονται κυρίως μέσω της βλεννοκροσσωτής καθώς περνάνε από την αναπνευστική οδό ή τους βρόγχους. Τα λεπτά σωματίδια ($<2,5\mu\text{m}$) μεταφέρονται με τον αέρα στις κυψελίδες, οι οποίες όμως δε διαθέτουν μηχανισμό βλεννοκροσσωτής κάθαρσης. Τα ξένα σωματίδια «καταναλώνονται» από τα μακροφάγα και μεταφέρονται στους βρόγχους από όπου και απομακρύνονται μέσω της βλεννοκροσσωτής κάθαρσης.



Εικόνα 3.1 Πιθανή οδός μεταφοράς νανοσωματιδίων στους πνεύμονες. Τα αεισπνεόμενα σωματίδια, που είναι μικρότερα από $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) έχουν πρόσβαση στις κυψελίδες και μπορούν σε υψηλές δόσεις να προκαλέσουν φλεγμονή. Μικρό ποσοστό των νανοσωματιδίων μπορεί να διέλθει το φράγμα αέρα-αίματος και να κατανεμηθεί στον οργανισμό μέσω της κυκλοφορίας του αίματος (κόκκινο). Εντός των κυψελίδων, τα περισσότερα σωματίδια θα “αναλωθούν» από τα μακροφάγα (μωβ) ή τα δενδριτικά κύτταρα (κίτρινο) ή μπορούν να εξαντληθούν στα επιθήλια κύτταρα (μπλε).

Οι προαναφερθέντες μηχανισμοί κάθαρσης έχουν αναπτυχθεί και εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί αρκεί να μην καταπονούνται χρονίως πχ με υπερβολικό κάπνισμα ή έκθεση σε σκόνη στο χώρο εργασίας. In vivo μελέτες έχουν δείξει πως υψηλές δόσεις νανοσωματιδίων, μπορούν να περάσουν το λεπτό φράγμα αέρα - αίματος και να μεταναστεύσουν στο αίμα. Η ποσότητα των νανοσωματιδίων που καταφέρνουν να φτάσουν στο αίμα μέσω της αναπνευστικής οδού αποτελούν ένα κλάσμα της τάξης του 0,05% της συνολικής ποσότητας που χορηγήθηκε και αυτό επίσης εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των συγκεκριμένων νανοσωματιδίων (Krug & Wick, 2011).

3.3.2 Οσφρητικό νεύρο

Τα νανοσωματίδια μπορούν να ενσωματωθούν μέσω των νευρικών ινών στην περιοχή του οσφρητικού επιθηλίου. Τα πειράματα ενστάλαξης/εισπνοής διαφορετικών σωματιδίων σε ποντίκια πως νανοσωματίδια άνθρακα, χρυσού, οξειδίου του μαγγανίου και άλλα μεταφέρονται μέσω των νευρικών συνάψεων. Τα νανοσωματίδια μπορούν να φτάσουν στον εγκέφαλο άμεσα περνώντας από το οσφρητικό επιθήλιο και το οσφρητικό νεύρο στην εσωτερική οροφή της μύτης. Αν και τα νανοσωματίδια που φτάνουν στον εγκέφαλο μέσω του οσφρητικού νεύρου από άποψη ποσότητας δεν είναι σημαντικά, παρόλα αυτά καταφέρνουν να παρακάμψουν τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό (Krug & Wick, 2011) (Savolainen et al., 2010).

3.3.3 Υγιές δέρμα

Η πρόσληψη νανοσωματιδίων, ιδιαίτερα των ελαιόφοβων που εμπεριέχονται στα καλλυντικά και τα αντιηλιακά παρεμποδίζεται λόγω της ανατομίας του δέρματος ($1,5-2 \text{ m}^2$) και της συνεχούς εκ των έσω ανάπλάσής του. Διάφορες μελέτες στα πλαίσια του 6^{ου} ερευνητικού προγράμματος Nanoderm (6th FP EU project Nanoderm) έδειξαν το 2008 πως διαφορετικές μορφές νανοσωματιδίων TiO_2 , αποτίθενται μόνο στις τρεις εξωτερικές από τις πέντε στοιβάδες κερατινοκυττάρων του επιδερμικού φραγμού, αλλά δεν ανιχνεύονται στις ενδότερες περιοχές του δέρματος. Βέβαια, άλλη μελέτη έδειξε πως σωματίδια μικρότερα των 10nm είναι ικανά να διαπεράσουν τις επιφανειακές στοιβάδες και να φτάσουν και μέχρι και τη δερμίδα (κυρίως δέρμα, μεταξύ επιδερμίδας και υποδερμίδας) (Krug & Wick, 2011) .

3.3.4 Γαστρεντερική οδός

Στη γαστρεντερική οδό (2000 m^2) επιτελούνται διαφορετικές λειτουργίες. Στο στομάχι γίνεται η πέψη των τροφών σε $\text{pH}=2$ περίπου, τα θρεπτικά συστατικά παραλαμβάνονται από το λεπτό και το παχύ έντερο μέσω του εντερικού επιθηλίου και κατανέμονται στο σώμα μέσω της ροής του αίματος. Δεδομένου ότι τα αιμοφόρα αγγεία βρίσκονται μία ή και περισσότερες κυτταρικές στοιβάδες κάτω από το εντερικό επιθήλιο, δεν είναι εύκολη η μετανάστευση των νανοσωματιδίων ή μακρομορίων γενικότερα στην κυκλοφορία του αίματος. Αν και κάποια πειράματα έδειξαν πως σωματίδια πολυστυρενίου μεγέθους από 50-100nm απορροφήθηκαν από το εντερικό τοίχωμα και κατέληξαν στο λεμφικό σύστημα, άλλες μελέτες έχουν καταδείξει μηδενική απορρόφηση. Αν και το 80% των νανοσωματιδίων που χορηγήθηκαν από το στόμα σε πειραματόζωα, απεκκρίθηκε φυσιολογικά, σχεδόν το 80% αυτών που χορηγήθηκαν ενδοφλέβια συσσωρεύτηκαν στο συκώτι μία εβδομάδα μετά.

Με βάση τα πειραματικά δεδομένα μέχρι στιγμής φαίνεται πως η απορρόφηση των νανοσωματιδίων μέσω της γαστρεντερικής οδού φαίνεται να είναι ήσσονος σημασίας, αλλά και πάλι δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα λόγω έλλειψης δεδομένων (Krug & Wick, 2011) (Savolainen et al., 2010).

3.4 Έκθεση σε νανοσωματίδια στο χώρο εργασίας

Η έκθεση στα νανοσωματίδια (NPs) λόγω επαγγελματικής δραστηριότητας μπορεί να έχει αντίκτυπο στην υγεία. Οι ενδείξεις κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία αφορούν οξειδωτικό στρες, κυστική ίνωση, καρδιαγγειακά προβλήματα, κυτοτοξικότητα, πιθανώς καρκινογένεση. Η αντίδραση των πνευμόνων -στην έκθεση σε NPs γενικά είναι φλεγμονώδους φύσης με ζημιά στην επιφάνεια των επιθηλίων κυττάρων, οξειδωτικό στρες, κυτοτοξικότητα που προκαλείται λόγω παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS).

Αν και πολλά ή ίσως τα περισσότερα επεξεργασμένα νανοσωματίδια μπορεί να μην έχουν επιπτώσεις στην υγεία, ακόμα δεν έχει αποκλειστεί το ενδεχόμενο κάποια από αυτά να ευθύνονται για αμιάντωση. Δυστυχώς έχει ήδη αναφερθεί το 2009 η περίπτωση ενός εργαζόμενου που εκτέθηκε σε καπνούς πολυστυρενίου και πολυακρυλικού υπό μορφή νανοσωματιδίων σε μη αεριζόμενο χώρο για μήνες, με

αποτέλεσμα να πάθει πνευμονική ίνωση, κακοήθη υπεζωκοτική συλλογή και κοκκιωμάτωση και να καταλήξει στο θάνατο (Oberdoster, 2009).

Τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την έκθεση των εργαζομένων σε NPs , αλλά και οδηγίες για τον ασφαλή χειρισμό τους πχ εξοπλισμός προστασίας αναπνευστικού συστήματος στο χώρο εργασίας και στα ερευνητικά εργαστήρια γενικά είναι σπάνια. Κάποιες έρευνες σχετικές με την αποδέσμευση NPs στον αέρα από ξηρά υλικά επικάλυψης κατά τις δοκιμές αντοχής σε εκτριβή, δείχνουν πως δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση με το ποσοστό νανοσωματιδίων. Τα NPs παραμένουν ενσωματωμένα σε πιο χονδρόκοκκα σωματίδια. Επίσης οι Koronen et al (2010) δεν κατάφεραν να ανιχνεύσουν κάποια ξεκάθαρη δράση των επεξεργασμένων υλικών στις εκπομπές σκόνης από αμμοβολή νανοχρωμάτων μέσω τυποποιημένης διαδικασίας δοκιμής (Broekhuizen et al., 2011). Επίσης, μελέτες κατά την τυχαία παραγωγή νανοσωματιδίων πχ κατά τη συγκόλληση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπτυχθεί στρατηγική ώστε να ελαχιστοποιηθεί η έκθεση των εργαζομένων. Για παράδειγμα αλλαγή στο σύστημα αερισμού στους θαλάμους συγκόλλησης έδειξε μείωση στη συγκέντρωση των νανοσωματιδίων στην περιοχή γύρω από τον συγκολλητή. Παρόμοιες συνθήκες με αυτές που επικρατούν κατά τη συγκόλληση συχνά παρατηρούνται και κατά την παραγωγή νανοσωματιδίων με πυρήνωση σωματιδίων σε υψηλή θερμοκρασία ή με διεργασίες σε αέρια φάση (Wiesner et al., 2006).

Η έκθεση των εργαζομένων στα νανοσωματίδια μπορεί να γίνει μέσω του δέρματος, των πνευμόνων και της γαστρεντερικής οδού. Η μεγαλύτερη όμως ανησυχία για την υγεία των εργαζομένων υπάρχει όταν τα νανοσωματίδια βρίσκονται υπό μορφή αερολύματος, διότι τότε είναι ιδιαίτερα κινητικά και εισέρχονται στον οργανισμό μέσω της αναπνοής και παρά τους μηχανισμούς άμυνας ο κυψελιδικός ιστός δεν προστατεύεται τόσο καλά όσο το δέρμα ή το γαστρεντερικό σύστημα .

Οι υποθέσεις για τις φυσικοχημικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων που ίσως προκαλούν βλάβες στον οργανισμό αναφέρονται σε γενικές ιδιότητες όπως πχ η επιφάνεια, το μέγεθος, η οξύτητα, η περιεκτικότητα σε μέταλλα. Και αν και οι περισσότεροι κανονισμοί γράφονται σε όρους περιεκτικότητας κατά μάζα, φαίνεται πως ο αριθμός των σωματιδίων και η επιφάνεια είναι πιο χρήσιμες για την τοξικολογία. Στον αέρα, τα νανοσωματίδια φαίνεται πως λειτουργούν συνεργατικά με

άλλους ρύπους όπως το O_3 ή τα NO_x , γεγονός που δυσκολεύει την εκτίμηση κινδύνου λόγω των νανοσωματιδίων (Wiesner et al., 2006).

Αξίζει να αναφερθεί πως για να καταστεί εφικτή η παρακολούθηση των τεχνικά επεξεργασμένων νανοϋλικών (engineered nanomaterials ENM) και η εκτίμηση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία επιβάλλεται :

- ο επανασχεδιασμός εργαστηριακού εξοπλισμού που ήδη χρησιμοποιείται για τη μελέτη των νανοσωματιδίων ώστε να συμπεριλάβει και φορητές ή ατομικές και προσιτές από άποψη κόστους συσκευές
- η επέκταση της τεχνολογίας ανίχνευσης ENM ώστε να λαμβάνονται μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο με συσκευές συμπαγούς κατασκευής
- η επέκταση των μετρήσεων σε άλλα πεδία όπως ταυτοποίηση σχήματος νανοσωλήνων άνθρακα (CNT), προσδιορισμός καταλυτικών ιδιοτήτων ή χημικών ιδιοτήτων επιφανείας.

Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί και να μπορούν να εντοπιστούν και να διαχωριστούν τα ENM από τα νανοσωματίδια υποβάθρου λόγω ειδικών μορφολογικών χαρακτηριστικών ή λειτουργίας (και όχι λόγω σύστασης).

Η αδυναμία διαχωρισμού των ENM από τα νανοσωματίδια υποβάθρου μέσω μετρήσεων συγκέντρωσης ή κατανομής μεγέθους δυσχεραίνει τον καθορισμό ορίων έκθεσης σε ENM στο χώρο εργασίας (Krug & Wick, 2011).

3.5 Έκθεση σε νανοσωματίδια με χρήση στον κατασκευαστικό τομέα

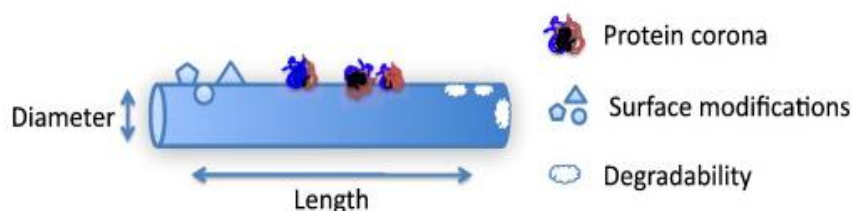
Σε γενικές γραμμές οι παράγοντες που επηρεάζουν την τοξικότητα των νανοσωματιδίων είναι οι εξής : ειδική επιφάνεια, δομή, διαλυτότητα, κατάσταση συσσώματωσης. Στις περισσότερες μελέτες των ενδεχόμενων επιπτώσεων των νανοσωματιδίων στην υγεία, τα νανοσωματίδια δεν περιγράφονται επαρκώς και λεπτομερειακά με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η σύγκριση διαφορετικών μελετών, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην υπάρχουσα αβεβαιότητα γύρω από την τοξικότητα των υλικών αυτών.

Επίσης οι δόσεις που χρησιμοποιούνται σε πειραματικό επίπεδο συνήθως είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις δόσεις σε πραγματικές καταστάσεις (Oberdoster, 2009),

τα αποτελέσματα μελετών σε πειραματόζωα δεν αρκούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις επιπτώσεις των νανοσωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό (Kosk-Bienko, 2009).

Παρά τα αμφίβολα δεδομένα, αλλά και την άποψη πως δε θα έπρεπε η νανοτοξικολογία να αποτελεί αυτόνομο επιστημονικό πεδίο, αφού ακολουθεί τις αρχές της κοινής τοξικολογίας στις περισσότερες περιπτώσεις, κάποια γενικά, πλην όμως αμφιλεγόμενα επίσης, συμπεράσματα σχετικά με τα νανοϋλικά που χρησιμοποιούνται σε δομικά υλικά είναι τα εξής:

- Ίνες νανοσωματιδίων (τιτανίου, άργυρου) ή νανοσωλήνων άνθρακα (CNTs), που χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα ως συστατικό υλικών επικάλυψης ή τσιμέντου. Οι ίνες CNTs συγκρίνονται με τις ίνες αμιάντου και όπως δείχνουν τα ερευνητικά δεδομένα, όλες οι βιο- ανθεκτικές ίνες μήκους τουλάχιστον 5μm και διατομής μικρότερης του 1μm δημιουργούν προβλήματα διότι διεισδύουν στους πνεύμονες και παραμένουν στην αρχική τους μορφή, παρά την προσπάθεια των μηχανισμών προστασίας να τις διασπάσουν. Η τοξικότητα των ινών έχει διαβαθμίσεις πχ κοντές ή μπερδεμένες συνήθως δεν εμφανίζουν τοξική δράση, όπως επίσης και η παρουσία ελαττωμάτων ή πρόσθετων στοιχείων την επηρεάζει είτε θετικά είτε αρνητικά. Στην εικόνα 3.2 αποτυπώνονται κάποιες από τις παραμέτρους που επηρεάζουν την τοξικότητα νανοσωλήνων άνθρακα, μεταξύ των οποίων φαίνεται και η πρωτεϊνική «κορώνα», δηλαδή στοιβάδα προσρόφησης πρωτεϊνών που σχηματίζεται στην επιφάνεια των νανοϋλικών όταν έρθουν σε επαφή με βιολογικά υγρά, κατά την είσοδό τους στον ανθρώπινο οργανισμό (Hanani & Dayan, 2014).



Εικόνα 3.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την τοξικότητα νανοσωλήνων άνθρακα (CNTs)

- Τα νανοσωματίδια διοξειδίου του πυριτίου (nanosilica) αποτελούν συστατικά σκυροδέματος και υλικών επικάλυψης. Είναι συνήθως άμορφα οπότε και

λιγότερο τοξικά σε σχέση με τα κρυσταλλικά ομόλογά τους και εμφανίζουν τοξική δράση στους πνεύμονες (αναστρέψιμη όμως) μόνο σε υψηλά επίπεδα έκθεσης που δεν είναι πιθανόν να συμβούν εκτός εργαστηριακής έρευνας. Πάλι όμως το συμπέρασμα των ερευνών είναι πως τα στοιχεία δεν επαρκούν ώστε να θεωρηθούν τα νανοσωματίδια διοξειδίου του πυριτίου «ασφαλή» (Jones et al., 2016) (Napierska et al., 2010) (ECHA, 2015)

- Τα νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου (TiO_2) χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτο-καθαριζόμενων υαλοστασίων, ως συστατικά υλικών επικάλυψης, σκυροδέματος. Μακροχρόνιες μελέτες τοξικότητας (1994-2011) έδειξαν πως η εισπνοή υψηλών δόσεων μπορεί να προκαλέσει φλεγμονές στους πνεύμονες. Συνολικά, τα στοιχεία είναι αντικρουόμενα αν και περισσότερες μελέτες υποστηρίζουν την άποψη πως τα νανοσωματίδια TiO_2 μπορούν να προκαλέσουν βλάβες ακόμα και σε ρεαλιστικές δόσεις. Η τοξικότητα φαίνεται να αυξάνεται όσο το μέγεθος των νανοσωματιδίων μειώνεται και ειδικότερα στο εύρος από 10 έως 40 nm (Jones et al., 2016) (Chang, 2013).

Τα νανοσωματίδια άργυρου (nanosilver) χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε βαφές, υλικά επικάλυψης κ.α. ώστε να προσδώσουν αντιμικροβιακές ιδιότητες (αυτό γίνεται και με τα συμβατικά ομόλογα τους). Πρόκειται για νανοϋλικό, το οποίο ως κolloειδές έχει μελετηθεί αρκετά από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και δεν μπορεί να θεωρηθεί ακριβώς ως «νέα» χημική ουσία που μπορεί να εγκυμονεί νέους και αγνώστους κινδύνους (Nowack, Krug, & Height, 2011). Για παράδειγμα, μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία ανθεκτικών μικροοργανισμών (J.Maillard & Hartemann, 2013). Οι in vivo μελέτες είναι λιγοστές και δεν επαρκούν για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την τοξικότητά τους στον ανθρώπινο οργανισμό (Jones et al., 2016) (SCENIHR, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: Η ΘΕΣΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ «ΕΞΥΠΝΩΝ» ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΝΑΝΟΎΛΙΚΩΝ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό προσεγγίζεται η θεσμική διάσταση των «έξυπνων» υλικών και των νανοϋλικών και η χρήση τους στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ειδικότερα για την περίπτωση των «έξυπνων» υλικών, ως αυτοτελούς κατηγορίας δεν εντοπίζεται κάποια νομοθετική κινητικότητα. Και στην περίπτωσή τους όμως μεγάλη σημασία διαδραματίζει η τεχνολογική εξέλιξη και η καινοτομία καθώς και η ανάδυση επιστημονικής αβεβαιότητας για τις επιπτώσεις από τη χρήση τους στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Ταυτοχρόνως χρησιμοποιούνται σε πολλές και σημαντικές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας αν και, όπως προαναφέρθηκε, όλα τα «έξυπνα» υλικά δεν έχουν κατ'ανάγκη νανο-δομή, πλην όμως η νανοτεχνολογία εισβάλλει με ταχύτατους ρυθμούς στον τομέα των «έξυπνων» υλικών και βάζει τα θεμέλια για την επόμενη «γενιά» ακόμα πιο «έξυπνων» υλικών. Υπό το πρίσμα αυτό η περίπτωση των «έξυπνων» υλικών εξετάζεται από κοινού με τα υλικά νανοτεχνολογίας όσον αφορά το ρυθμιστικό τους πλαίσιο.

Προκειμένου να γίνει δυνατή η σύνδεση των δυο θεματικών («έξυπνα» υλικά-υλικά νανοτεχνολογίας και εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) και ν' αποτυπωθεί η θεσμική τους διαδρομή, το κεφάλαιο διακρίνεται σε δυο επιμέρους ενότητες που αφορούν στην κριτική παρουσίαση αφενός του ρυθμιστικού πλαισίου των νανοϋλικών και αφετέρου του νομοθετικού πλαισίου της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Στο πλαίσιο της πρώτης ενότητας, επειδή πρόκειται για έναν πρόσφατο τομέα ρυθμιστικής παρέμβασης με ιδιαίτερο συγκριτικό ενδιαφέρον, κρίθηκε απαραίτητο να παρουσιαστούν όχι μόνον οι πτυχές του ρυθμιστικού πλαισίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελλάδας αλλά και συγκριτικά των Η.Π.Α. καθώς και άλλων χωρών με σχετική εμπειρία. Αντίθετα, όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, αυτό παρουσιάζεται στο επίπεδο της Ε.Ε. και της Ελλάδας μόνον χωρίς συγκριτική αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο άλλων εκτός Ε.Ε. δικαιικών συστημάτων, μιας και πρόκειται για έναν τομέα που πραγματώνεται

νομοθετικά στο πλαίσιο των διεθνών υποχρεώσεων τόσο της Ε.Ε. όσο και της Ελλάδας για τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής μεταβολής και σε συμμόρφωση με το Πρωτόκολλο του Κυότο.

4.2 Το ρυθμιστικό πλαίσιο των νανοϋλικών

Προκειμένου να παρουσιαστεί το ισχύον ρυθμιστικό πλαίσιο των νανοϋλικών είναι απαραίτητη τόσο η ανάλυση της αρχής της προφύλαξης που αποτελεί την αιτιολογική βάση λήψης των σχετικών ρυθμιστικών μέτρων, όσο και η ανάλυση της διακυβέρνησης της νανοτεχνολογίας που αποτελεί το ευρύτερο τοπίο ρυθμίσεων.

4.2.1. Η Αρχή της Προφύλαξης

Στην εποχή μας, η πρωτοφανής τεχνολογική εξέλιξη, έχει φέρει τους πολίτες αντιμέτωπους με κινδύνους τους οποίους βιώνουν κυρίως ως καθολική απειλή, απέναντι στην οποία δεν είναι όλοι ίσοι. Η ανισότητα έναντι των κινδύνων μπορεί να σχετίζεται με την τάξη, τη φυλή και το φύλο. Μπορεί επίσης να έχει ακόμα και διακρατικό χαρακτήρα π.χ ανισότητα Βορρά- Νότου, ή και ανισότητα στη γνώση, αφού κάποιιοι δημιουργούν τους κινδύνους (είτε εν γνώσει τους, είτε εν αγνοία τους) ή κάποιιοι υφίστανται τις συνέπειές τους χωρίς να το γνωρίζουν πχ ο εργαζόμενος χημικής βιομηχανίας-ανισότητα στη γνώση, αλλά και στην τάξη. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά στοιχειοθετούν μια παγκόσμια κοινωνία του κινδύνου, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Μπάλιας, 2005). Μια ακόμα διαφορά σε σχέση με το παρελθόν εντοπίζεται στο ότι ο κίνδυνος αντιμετωπιζόταν με την εμφάνιση των επιπτώσεων, ενώ τώρα η αντιμετώπιση του κινδύνου έχει μετατεθεί σε προγενέστερο στάδιο, που αφορά τη λήψη αποφάσεων για την έγκριση πχ μιας χημικής ουσίας ή μιας δραστηριότητας. Η «τυφλή» εμπιστοσύνη των πολιτών προς την επιστήμη δίνει τη θέση της στη δυσπιστία ή και το φόβο. Στη θέση της αντίληψης πως η γνώση του παρελθόντος χρησιμοποιείται για πρόγνωση του μέλλοντος, έρχεται η αντίληψη της «προφύλαξης» από αρνητικές συνέπειες, οι οποίες μπορεί ακόμα και να μην είναι προφανείς/ευδιάκριτες στο χώρο-χρόνο που εξελίσσεται η δραστηριότητα, αλλά να συμβαίνουν σε άλλο χώρο, μεταγενέστερο χρόνο, να είναι μεγαλύτερες από τα προσδοκώμενα οφέλη και να εμφανίζονται ως απόρροια πολλών παραγόντων που δρουν ταυτόχρονα, κατά τρόπο που δεν έχουμε τη δυνατότητα να προβλέψουμε.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά στην έννοια των πιθανοτήτων σε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις αντιμετώπισης ενδεχόμενων κινδύνων. Όταν πρόκειται για γεγονός που ενέχει βέβαιο κίνδυνο, ο οποίος μπορεί να πιθανολογηθεί, άσχετα από το αν τελικά το γεγονός συμβεί ή όχι, τότε εφαρμόζεται η προσέγγιση της πρόληψης. Όταν πρόκειται για γεγονός που ενέχει ενδεχόμενο κίνδυνο, που δεν έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά και στον οποίο δεν μπορούν να αποδοθούν πιθανότητες επέλευσης, αλλά με δυνητικά καταστροφικές και επιστημονικά εύλογες επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, τότε εφαρμόζεται η προσέγγιση της προφύλαξης (Μπάλιας, 2005).

Η νανοτεχνολογία δεν αποτελεί ενιαίο επιστημονικό κλάδο, αλλά συμπεριλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών και προϊόντων όπως π.χ βιονανοτεχνολογία, υπερμοριακή χημεία, αυτοσυναρμολόγηση σε νανοκλίμακα κλπ. Αφενός λοιπόν, λόγω της διεπιστημονικής της φύσης και αφετέρου λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης που παρουσιάζει (τρία με τέσσερα καταναλωτικά προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης εισάγονται στην αγορά ανά εβδομάδα) δημιουργεί επιστημονική αβεβαιότητα ως προς τους κινδύνους που ενδεχομένως επισύρει (Kimbrell, 2009). Για τις περιπτώσεις που τα επιστημονικά δεδομένα δεν επαρκούν για την πλήρη αξιολόγηση του ενδεχόμενου κινδύνου, μπορεί να γίνει επίκληση της Αρχής της Προφύλαξης, που αναφέρεται στο άρθρο 191 της συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUR-Lex, The Precautionary Principle-EUR-Lex - 132042 - EN, 2000).

Η αρχή της προφύλαξης έχει την έννοια ότι η πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος δεν πρέπει να επιδιώκεται μόνο με την μέσω αμυντικών μέτρων αποτροπή επικείμενων, αλλά και με την μέσω θετικών μέτρων πρόληψη απώτερων κινδύνων, που μπορεί να βρίσκονται και κάτω από το κατώφλι επικινδυνότητας (Μπάλιας, 2005),(Κουτούπα-Ρεγκάκου, 2008).

Σύμφωνα με την Αρχή της Προφύλαξης: «Όταν μια δραστηριότητα δημιουργεί απειλές κατά της ανθρώπινης υγείας ή κατά του περιβάλλοντος, πρέπει να ληφθούν μέτρα προφύλαξης ακόμη και αν κάποιες σχέσεις αιτίου-αιτιατού δεν έχουν πλήρως τεκμηριωθεί επιστημονικά» (Μπάλιας 2005). Η ταυτοποίηση επομένως των δυνητικών κινδύνων, ακόμη και εάν αυτοί είναι αβέβαιοι και αμφισβητούμενοι από επιστημονικής πλευράς, επαρκεί για την υιοθέτηση προληπτικών μέτρων που

αποσκοπούν στην αποφυγή της ρύπανσης ή της εν γένει υποβάθμισης του περιβάλλοντος (Σιούτη, 2011).

Όπως επίσης αναφέρει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μπορεί να γίνει επίκληση της αρχής αυτής όταν τα δυνητικώς επικίνδυνα αποτελέσματα ενός φαινομένου, ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας έχουν προσδιοριστεί μέσω επιστημονικής και αντικειμενικής αξιολόγησης, αλλά η αξιολόγηση αυτή δεν επιτρέπει να προσδιοριστεί ο κίνδυνος με επαρκή βεβαιότητα (Ανακοίνωση της Επιτροπής 2-2-2000, Κουτούπα-Ρεγκάκου, 2008). Υπό αυτή την έννοια ο υπέρμαχος μιας δραστηριότητας (κατασκευαστές/διανομείς προϊόντων) και όχι το καταναλωτικό κοινό οφείλει να αποδείξει την απουσία κινδύνου ή αλλιώς τη μη βλαπτικότητα της. Η έλλειψη στοιχείων ή αποδείξεων για συγκεκριμένη βλάβη δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να υποκαταστήσει ένα εύλογο βαθμό βεβαιότητας για ασφάλεια κατά τη χρήση των προϊόντων. Η προσέγγιση της προφύλαξης εφαρμόζεται στο χρόνο επέλευσης της βλάβης (*ex post*), ή σε προγενέστερο χρόνο όταν λαμβάνεται η απόφαση. Αυτό αλλάζει άρδην όσα ίσχυαν στο δίκαιο της αποζημίωσης. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Γ. Μπάλιας για την περίπτωση που η βλάβη έχει ήδη συντελεστεί: «Η υποχρέωση για την αποκατάσταση της βλάβης δε συναρτάται με τις διαθέσιμες γνώσεις και την υπάρχουσα επιστημονική απόδειξη για τη σχέση μεταξύ πράξης και αποτελέσματος, αλλά αρκείται στη βάσιμη αμφιβολία, υπό την προϋπόθεση πως αυτή προκύπτει από μια δημόσια διατυπωμένη άποψη, έστω και μειοψηφούσα στους επιστημονικούς κύκλους». Όσον αφορά την περίπτωση που δεν έχει συντελεστεί η βλάβη, ακόμα και όταν ο κίνδυνος είναι αβέβαιος και στηρίζεται ακόμα και σε υπόνοιες, η νομική ευθύνη υφίσταται και στο χρόνο πριν τις βλαπτικές συνέπειες ή και το ίδιο το γεγονός. Αυτό δημιουργεί την υποχρέωση για λήψη μέτρων προκειμένου να προληφθεί η βλάβη και πλέον δεν δικαιολογεί την οποιαδήποτε αδράνεια ελλείψει αδιάσειστων επιστημονικών δεδομένων. (Μαρούλης & Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, 2007; Kimbrell, 2009; Μπάλιας, 2005).

Σε επίπεδο ενωσιακού δικαίου περιβάλλοντος ή δικαίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), η Αρχή της Προφύλαξης προστίθεται το 1993 ως μία από τις τέσσερις περιβαλλοντικές αρχές ήδη στη Συνθήκη του Μάαστριχτ (προληπτική δράση, επανόρθωση της βλάβης κατά προτεραιότητα στην πηγή, η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»- τότε άρθρο 174). Στη συνέχεια επιβεβαιώνεται ως βασική αρχή του

δικαίου της Ε.Ε. στη Συνθήκη του Άμστερνταμ (1997) και έκτοτε μέχρι και την ισχύουσα Συνθήκη της Λισαβώνας, χωρίς όμως να προσδιορίζεται το περιεχόμενό της, τα όρια και οι όροι εφαρμογής της.

Παρά τις παραπάνω ελλείψεις, η Ε.Ε. προσπαθεί να ενδυναμώσει τον κανονιστικό χαρακτήρα της Αρχής της Προφύλαξης (Μπάλιας, 2005) με τη βιοτεχνολογία να παραμένει το επιλεκτικό πεδίο εφαρμογής της (Σιούτη, 2011). Βέβαια μέριμνα για την πρόληψη των διακινδυνεύσεων λαμβάνει η Ε.Ε. και στο πλαίσιο κανονισμών και οδηγιών για τις επικίνδυνες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο ουσίες (Σιούτη, 2011).

Αντίθετα στο χώρο του διεθνούς δικαίου του περιβάλλοντος η Αρχή της προφύλαξης διατυπώνεται ήδη από το 1972 στην τελική δήλωση της διάσκεψης της Στοκχόλμης, καθιερώνεται όμως με τη Διακήρυξη του Ρίο (1992) και έκτοτε κατοχυρώνεται και σε άλλα διεθνή κείμενα όπως στη Σύμβαση για τις κλιματικές αλλαγές (1992) και στο Πρωτόκολλο της Καρθαγένης για το εμπόριο των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών (2000). (Μπάλιας 2005, Κουτούπα-Ρεγκάκου 2008, Σιούτη 2011).

Η προσφυγή στην Αρχή της Προφύλαξης δικαιολογείται εφόσον πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- ✓ Έχει διενεργηθεί όσο το δυνατόν πληρέστερη επιστημονική αξιολόγηση και έχει προσδιοριστεί, κατά το δυνατόν, ο βαθμός επιστημονικής αβεβαιότητας
- ✓ Έχει αξιολογηθεί ο κίνδυνος και οι δυνητικές συνέπειες σε περίπτωση απουσίας δράσης
- ✓ Έχουν συμμετάσχει όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στη μελέτη των μέτρων προφύλαξης, εφόσον τα αποτελέσματα της επιστημονικής αξιολόγησης και /ή της αξιολόγησης του κινδύνου είναι διαθέσιμα (EUR-Lex, The Precautionary Principle-EUR-Lex - I32042 - EN, 2000)

Ειδικότερα για το ζήτημα των νανοϋλικών, ήδη από το Σεπτέμβριο του 2008, το Διακυβερνητικό φόρουμ για τη χημική ασφάλεια (Intergovernmental forum on Chemical Safety-IFCS) πρότεινε την εφαρμογή της Αρχής της Προφύλαξης ως μίας από τις γενικές αρχές της διαχείρισης κινδύνου καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των παραγόμενων νανοϋλικών. Επίσης, αρκετοί μη κυβερνητικοί οργανισμοί (NGOs) ανάλογα επισημαίνουν πως η Αρχή της Προφύλαξης πρέπει να εφαρμόζεται

στην περίπτωση των νανοτεχνολογιών, διότι η μέχρι στιγμής επιστημονική έρευνα υποδηλώνει πως η έκθεση σε κάποια τουλάχιστον νανοϋλικά, νανοσυσκευές ή προϊόντα της νανοβιοτεχνολογίας είναι πιθανό να βλάψει σοβαρά την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Η αναγκαιότητα εφαρμογής της αρχής της Προφύλαξης στο κανονιστικό πλαίσιο της νανοτεχνολογίας έχει αναγνωριστεί από νομικούς, συμβουλευτικά όργανα και κανονιστικές Αρχές και βασίζεται στις εξής παραδοχές:

- Υπάρχουν ευλογοφανή επιχειρήματα για τον ισχυρισμό πως η νανοτεχνολογία είναι εν δυνάμει επικίνδυνη και μάλιστα με καινοφανείς και ποικίλους τρόπους
- Υπάρχει ένα διευρυνόμενο χάσμα μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης νέων προϊόντων που εμπεριέχουν νανοϋλικά και του ρυθμού εξαγωγής επιστημονικών δεδομένων περί περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ασφάλειας & υγιεινής. Το χάσμα αυτό μάλιστα αποτυπώνεται στο γεγονός, ότι οι υφιστάμενες μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου δεν είναι απαραίτητα κατάλληλες για την αξιολόγηση των νανοϋλικών
- Υπάρχουν κενά στο κανονιστικό πλαίσιο που αφορά τα νανοπροϊόντα (ειδικότερα στο πεδίο του κανονισμού σχετικά με τα χημικά προϊόντα) (Perez, 2010)

Ιδιαίτερη είναι και η ανάγκη & η σημασία της συμμετοχής του κοινού στη διαδικασία διαβούλευσης και λήψης αποφάσεων δεδομένης της δυνατότητας των νανοτεχνολογιών να καθοδηγήσουν και να διαμορφώσουν το παγκόσμιο κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό τοπίο.

Παρά την αδιαμφισβήτητη χρησιμότητα της Αρχής της Προφύλαξης, συχνά προκύπτουν προβλήματα κατά την εφαρμογή της ως εργαλείου για τη λήψη αποφάσεων. Κατ'αρχάς, υπάρχουν πολλές διαφορετικές εκδοχές της Αρχής της Προφύλαξης. Αναφέρονται τουλάχιστον δεκαεννέα διαφορετικές διατυπώσεις κατά τον P. Sandin – ως προς τις εξής τέσσερις διαστάσεις που προσδιόρισε: απειλή, αβεβαιότητα, δράση και διοίκηση (Sandin, 1999). Υπό αυτήν την έννοια δημιουργούνται δυσκολίες ως προς την ακριβή οριοθέτηση της Αρχής και άρα διατύπωσης των σχετικών όρων και προϋποθέσεων και ένταξής της σε κανονιστικά

κείμενα με σαφές και ρητό περιεχόμενο. Αναδύονται δηλαδή εμφανή προβλήματα ως προς τη λειτουργία της Αρχής ως βάσης για τη δημιουργία κανονιστικού πλαισίου.

Ενδεικτικά αναφέρεται η διατύπωση της Αρχής της Προφύλαξης στην 15^η Αρχή της Διακήρυξης του Ρίο για το περιβάλλον και την Ανάπτυξη (1992) :

«Προκειμένου να προστατευθεί το περιβάλλον, η προληπτική προσέγγιση πρέπει να εφαρμόζεται ευρέως από τα κράτη ανάλογα με τις δυνατότητές τους. Όπου υπάρχουν απειλές σοβαρής ή μη αναστρέψιμης βλάβης, η έλλειψη πλήρους επιστημονικής βεβαιότητας δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως λόγος για την αναβολή οικονομικώς αποδοτικών μέτρων για την πρόληψη της υποβάθμισης του περιβάλλοντος» (United Nations, 1992) .

Η Αρχή της Προφύλαξης όπως αναφέρεται στη Διακήρυξη του Ρίο, χρησιμοποιεί τις λέξεις «σοβαρή ή μη αναστρέψιμη βλάβη», για να ορίσει τους κινδύνους που εμπíπτουν στην Αρχή της Προφύλαξης. Η έννοια της μη αναστρεψιμότητας είχε οριστεί από το 1974 από τους K.J. Arrow & Anthony Fischer ως μια εξέλιξη που θα απαιτούσε ανυπολόγιστα υψηλό κόστος για να αναστραφεί (πχ η κατασκευή ενός μεγάλου φράγματος ή κάποιο γεγονός που σχετίζεται με την εκπομπή έμμενων οργανικών ρύπων που θα μπορούσαν να είναι μη-αποικοδομήσιμα ζιζανιοκτόνα, διοξείδιο του άνθρακα κ.α.). Ακόμα όμως και ο παραπάνω ορισμός αν και φαινομενικά είναι επαρκής, στην πραγματικότητα είναι αρκετά ευρύς. Κάθε περιβαλλοντικός κίνδυνος με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία είναι εκ φύσεως μη αναστρέψιμος, αφού είτε πρόκειται για τραυματισμό είτε για θάνατο, το γεγονός δεν μπορεί να ακυρωθεί ούτε με φυσικό τρόπο ούτε με οικονομική αποζημίωση. Επίσης, οι Arrow & Fischer αναφέρονται αποκλειστικά σε μη αναστρέψιμα γεγονότα που σχετίζονται με περιβαλλοντικές ζημιές. Η πολιτική που πρέπει να εφαρμοστεί προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι για το περιβάλλον ή την υγεία του ανθρώπου μπορεί να οδηγήσει σε άλλες μορφές μη αναστρεψιμότητας αφού μπορεί να επιβάλλουν στην κοινωνία εφάπαξ κόστη πχ οριστική παύση των αεριοστροβίλων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο τον άνθρακα και αντικατάστασή τους με αεριοστροβίλους που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο. Και ίσως αυτά τα εφάπαξ κόστη ν' αποδειχθούν αδικαιολόγητα και δαπανηρά, εάν στο μέλλον οι κίνδυνοι αντίστοιχα αποδειχθούν υπερεκτιμημένοι ή πλασματικοί. Η Αρχή της

Προφύλαξης υπό αυτή την ερμηνεία έχει ασάφειες πχ δεν δίνει κατευθυντήριες γραμμές για τον τρόπο ιεράρχησης διαφορετικών μη αναστρέψιμων κινδύνων, άρα απαιτούνται επιπρόσθετα κριτήρια για τη λήψη αποφάσεων που διαμορφώνονται υποκειμενικά και κατά περίπτωση. Επίσης δεν δίνει κατευθύνσεις σχετικά με την εξισορρόπηση των διαφορετικών μορφών μη αναστρεψιμότητας που λειτουργούν ανταγωνιστικά (Perez, 2010).

Επιπροσθέτως, η Αρχή της Προφύλαξης δεν δίνει απαντήσεις σε βασικά ερωτήματα της διαχείρισης κινδύνου όπως πχ ποιο επίπεδο κινδύνου είναι αποδεκτό, ποια είναι τα κριτήρια ιεράρχησης των κινδύνων (στατιστικά, ηθικά ή ψυχολογικά;), ποια είναι τα όρια ασφαλείας από ενδεχόμενο κίνδυνο που μπορούν να ενεργοποιήσουν τη διαδικασία «προφύλαξης».

Όσον αφορά το διαχωρισμό μεταξύ του παραδοσιακά εννοούμενου κινδύνου και κινδύνου σε κατάσταση επιστημονικής αβεβαιότητας, κατά τον Frank Knight : Στις καταστάσεις κινδύνου τα αποτελέσματα είναι ανιχνεύσιμα και πιθανότητες αποδίδονται σε διαφορετικά αποτελέσματα, ενώ αντίθετα σε καταστάσεις αβεβαιότητας τα αποτελέσματα είναι ανιχνεύσιμα μεν, αλλά δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν πιθανότητες σε κάθε πιθανό αποτέλεσμα. Με βάση την παραπάνω ερμηνεία και την τρέχουσα κανονιστική πρακτική, σχεδόν όλες οι αποφάσεις που λαμβάνουν οι ρυθμιστικές αρχές είτε περιβαλλοντικές είτε ασφάλειας & υγιεινής, εμπίπτουν στην κατηγορία «αβεβαιότητας».

Επίσης, κατά την εφαρμογή της Αρχής της Προφύλαξης δεν υπάρχουν σαφείς και ξεκάθαρες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με το είδος της κανονιστικής δράσης που απαιτεί ο εκάστοτε εκτιμώμενος κίνδυνος. Το φάσμα των επιλογών δράσης είναι τεράστιο και με πολλές διαβαθμίσεις πχ ανακατανομή των κονδυλίων έρευνας, επιβολή ειδικών απαιτήσεων για την καταχώρηση των νανοϋλικών, επιβολή αυστηρότερων κανόνων ασφαλείας στα ερευνητικά εργαστήρια ή ακόμα και την πλήρη απαγόρευση κάποιας ύποπτης τεχνολογίας. Ιδανικά με βάση τον κίνδυνο και το βαθμό γνώσης θα έπρεπε να υπάρχει κάποιος αλγόριθμος που θα δεχόταν δεδομένα για την κλίμακα και τη φύση του κινδύνου και τον αντίστοιχο βαθμό γνώσης (ή αβεβαιότητας) και θα κατέληγε σε ένα αποτέλεσμα, που θα αποτελούσε και την κατάλληλη ανταπόκριση από ρυθμιστικής σκοπιάς. Δυστυχώς μέχρι στιγμής

δεν έχει σχεδιαστεί τέτοιος αλγόριθμος με αποτέλεσμα οι κανονιστικές αποφάσεις που λαμβάνονται να είναι κάποιες φορές αντιφατικές.

Στην ουσία δηλαδή η απόφαση σχετικά με το αν πρέπει να εξάγονται βεβαιασμένα συμπεράσματα ή κατόπιν προσεκτικής στάθμισης των δεδομένων καταλήγει να είναι καθαρά πολιτική (Perez, 2010; Falkner & Jasper, 2012).

Τέλος, δεν υπάρχει καμία τεχνολογία στα πρώτα της στάδια που να ικανοποιεί την Αρχή της Προφύλαξης. Ειδικά στις Η.Π.Α. παραμένει αμφίβολο το κατά πόσο μπορεί να θεσπιστεί νέα νομοθεσία με βάση την Αρχή της Προφύλαξης. Η ύπαρξη του ρυθμιστικού κενού μεταθέτει σημαντικό μέρος της ευθύνης στον ιδιωτικό τομέα. Οι ασφαλιστικές εταιρείες επωμίζονται την κάλυψη μεγάλου μέρους του κινδύνου, οπότε αφενός προστατεύεται το κοινό, αφετέρου δίνεται το περιθώριο στην τεχνολογία να αναπτυχθεί. Ταυτόχρονα όμως, ανησυχία δημιουργεί στους ασφαλιστικούς κύκλους το ενδεχόμενο να υπάρξουν αξιώσεις αποζημίωσης με αποτέλεσμα τη συσσώρευση ζημιών για τις εταιρείες, όπως συνέβη στην περίπτωση του αμιάντου (Wilson, 2006) (Marchant & Sylvester, 2006). Βέβαια, οι ασφαλιστικές εταιρείες δεν θα είναι υποχρεωμένες να πληρώσουν αποζημιώσεις παρά μόνο αν τα υλικά σχετίζονται άμεσα με τη ζημία και πάντα μπορούν να εξαιρέσουν την κάλυψη για το επόμενο έτος. Οπότε είναι πιθανό, σε περίπτωση που εγερθούν αξιώσεις για αποζημιώσεις μαζικά λόγω έκθεσης πχ σε MagicNano (καθαριστικά, στεγανωτικά υλικά για γυαλί και κεραμικά σε μορφή σπρέι με βάση προϊόντα νανοτεχνολογίας), - να εξαιρεθεί αυτός ο τύπος κάλυψης για το επόμενο έτος. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της νανοτεχνολογίας (επιχειρήσεις ανάμεσα στις μεγαλύτερες του κόσμου στον κατάλογο Fortune 500 και πολλές νεοσύστατες εταιρείες) θα είναι υποχρεωμένες να καλύψουν το κόστος των αποζημιώσεων. Είναι προφανές πως οι νεοσύστατες επιχειρήσεις δεν θα μπορούν να ανταποκριθούν (Wilson, 2006). Η Ευρώπη όπως και οι Η.Π.Α. έχουν καταλήξει σε αντιτιθέμενες θέσεις στις συζητήσεις περί διεθνών κανονισμών, αν και σε επίπεδο εθνικό δεν είναι οι κανονισμοί/ρυθμίσεις πάντα συνεπείς με την αρχή της προφύλαξης. Οι Η.Π.Α. επανειλημμένα υποστηρίζουν πως οι ρυθμιστικοί περιορισμοί στο εμπόριο πρέπει να βασίζονται σε αδιάσειστα επιστημονικά δεδομένα και να συμφωνούν με τους κανονισμούς του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (World Trade Organization-WTO). Αντίθετα η Ευρώπη πιέζει για την παγκόσμια επέκταση των προδιαγραφών

σύμφωνα με την αρχή της Προφύλαξης και μια επανεξισορρόπηση των σχέσεων μεταξύ κανόνων του WTO και περιβαλλοντικής πολιτικής προς όφελος της δεύτερης. Οι Η.Π.Α. αναφέρονται στην προσέγγιση της Προφύλαξης όπως διατυπώθηκε το 1992 στην Παγκόσμια συνδιάσκεψη του Ρίο ντε Τζανέϊρο (όπου υπάρχουν κίνδυνοι για σοβαρές και μη αναστρέψιμες βλάβες, η έλλειψη αδιάσειστων επιστημονικών στοιχείων δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται σαν αιτία αναβολής λήψης μέτρων για την αποφυγή περιβαλλοντικής υποβάθμισης) και απορρίπτουν την άποψη πως η Αρχή της Προφύλαξης αποτελεί μια αυτόνομη Αρχή του Διεθνούς Δικαίου. Άλλες χώρες, κυρίως αναπτυσσόμενες, έχουν εκφράσει την ανησυχία πως κανονισμοί/ρυθμίσεις βασισμένοι στην Αρχή της Προφύλαξης, ενδεχομένως οδηγήσουν σε εμπορικό προστατευτισμό με περιβαλλοντική επίφαση. Γενικά, εκτιμάται πως οι χώρες θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούν την Αρχή της Προφύλαξης σε ad hoc βάση, με τον κίνδυνο περαιτέρω πόλωσης και διενέξεων σε θέματα διεθνών κανονισμών/ρυθμίσεων στο μέλλον. Επίσης, υποστηρίζεται ότι η εναρμόνιση των νομοθεσιών με στόχο την κανονιστική σύγκλιση θα είναι δύσκολη σε περιπτώσεις που συνδυάζουν επιστημονική αβεβαιότητα και σημαντικά οικονομικά διακυβεύματα, όπως αυτή των νανοτεχνολογιών (Falkner & Jasper, 2012).

4.2.2. Διακυβέρνηση νανοτεχνολογίας

Ο όρος «διακυβέρνηση» είναι ευρύτερος από τον όρο «κυβέρνηση» (εκ των άνω προς τα κάτω νομοθετική προσέγγιση που επιχειρεί να ρυθμίσει τη συμπεριφορά ατόμων και οργανισμών μέσω λεπτομερών διαδικασιών που χωρίζονται ανά τομέα). Η διακυβέρνηση επιχειρεί να ορίσει τις παραμέτρους του συστήματος μέσα στο οποίο άνθρωποι και οργανισμοί συμπεριφέρονται με τέτοιο τρόπο ώστε τα αυτοοργανωμένα δίκτυα πολιτικής ή το οικοσύστημα να επιτυγχάνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η διακυβέρνηση ως μοντέλο διαχείρισης στηρίζεται στη συρρίκνωση του κράτους, στην αποδυνάμωση της κυβερνητικής ισχύος και στην ενίσχυση της συμμετοχής νέων κοινωνικών φορέων (πχ Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις-ΜΚΟ, Ανεξάρτητες Διοικητικές Αρχές-ΑΔΑ και άλλες οργανώσεις της Κοινωνίας των Πολιτών). Υπό αυτή την έννοια επιχειρείται μετάβαση από τους παραδοσιακά συγκεντρωτικούς τύπους σχεδίων δράσης ή ρυθμίσεων που δρούσαν κυρίως «περιοριστικά» σε νέες μορφές διοίκησης που λαμβάνουν αποφάσεις συμμετοχικά και αμεσοδημοκρατικά.

Ο όρος διακυβέρνηση, στην περίπτωση της νανοεπιστήμης, συμπεριλαμβάνει τα σχέδια δράσης έρευνας και καινοτομίας με στόχο την ανάπτυξη των επιστημών και τεχνολογιών. Άρα, το ρυθμιστικό πλαίσιο θεωρείται ως ένα στοιχείο της διακυβέρνησης που λειτουργεί στην διεπιφάνεια μεταξύ νανοτεχνολογίας, κοινωνίας και πολιτικής με στόχο τη δημιουργία ενός νέου τοπίου διακυβέρνησης (landscape governance) (εικόνα 4.1). Οπότε, η αποτελεσματικότητα των κανονιστικών διατάξεων δεν προκύπτει από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, αλλά από το πώς εντάσσονται στο ευρύτερο και αναδυόμενο πλάνο διακυβέρνησης (Kearnes & Rip, 2009).



Εικόνα 4.1 Διακυβέρνηση νανοτεχνολογίας

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Τον Ιανουάριο του 2007, το Διεθνές Κέντρο για την αξιολόγηση της τεχνολογίας (International Center for Technology assessment-ICTA) και η οργάνωση Φίλοι της Γης (Friends of the Earth- FoE) συνδιοργάνωσαν την πρώτη διάσκεψη για την Μη Κυβερνητική Στρατηγική στη Νανοτεχνολογία (Nanotechnology NGO strategy Summit) στην Ουάσιγκτον (Πολιτεία της Κολούμπια). με στόχο την ανταλλαγή απόψεων και τη μετάδοση γνώσης από παλαιότερες τεχνολογίες και προβλήματα που είχαν δημιουργήσει προϊόντα και διεργασίες. Το αποτέλεσμα της συνάντησης

στην οποία συμμετείχαν διάφοροι οργανισμοί δημόσιου συμφέροντος ήταν μια 16σέλιδη διακήρυξη σχετικά με τις Αρχές για την εποπτεία των Νανοτεχνολογιών και Νανοϋλικών. Οι Αρχές αυτές προτείνεται ότι πρέπει να τηρούνται στο πλαίσιο μιας καλής διακυβέρνησης γενικά και συνοψίζονται ως εξής (Kimbrell, 2009):

I. Αρχή της Προφύλαξης

Στην περίπτωση επιστημονικής αβεβαιότητας για τον ενδεχόμενο κίνδυνο από τη χρήση νανοϋλικών, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης. Οι παραγωγοί ή και διανομείς των νανοπροϊόντων φέρουν την ευθύνη της απόδειξης ότι τα προϊόντα τους είναι ασφαλή. Ως προαπαιτούμενο έγκρισης για τη διάθεση στην αγορά είναι η ανασκόπηση των στοιχείων ασφάλειας και υγιεινής από ανεξάρτητο φορέα.

II. Υποχρεωτικοί ειδικοί κανονισμοί/ρυθμίσεις για τα νανοϋλικά

Αναπόσπαστο μέρος της ρυθμιστικής εποπτείας των νανοϋλικών πρέπει να αποτελεί ειδικής φύσεως, *suí generis*, κανονιστικό καθεστώς. Τα νανοϋλικά θα πρέπει να καταχωρούνται ως νέες χημικές ουσίες που απαιτούν τη συλλογή δεδομένων και ανάπτυξη ειδικών τεχνικών δοκιμών.

III. Ασφάλεια & Υγιεινή του κοινού και των εργαζομένων

Η αποτροπή της έκθεσης σε νανοϋλικά που δεν έχουν αποδειχθεί ασφαλή κρίνεται απαραίτητη ώστε να προστατευθούν το κοινό και εκείνοι που εκτίθενται λόγω εργασίας. Η κυβέρνηση πρέπει να αυξήσει τη χρηματοδότηση για την έρευνα εκτίμησης & διαχείρισης κινδύνου, ενώ επίσης η λήψη μέτρων προστασίας των εργαζομένων είναι υψίστης σημασίας .

IV. Προστασία του Περιβάλλοντος

Πριν από την έγκριση των νανοϋλικών για εισαγωγή στην αγορά, πρέπει να διενεργείται πλήρης ανάλυση του κύκλου ζωής ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την παραγωγή, μεταφορά, χρήση, ανακύκλωση και διάθεση ως απόβλητα. Η κυβέρνηση πρέπει να αυξήσει τη χρηματοδότηση της έρευνας στις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και γενικά να προσπαθήσει να

αναπροσαρμόσει το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος, ώστε να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που προκαλούν τα νανοϋλικά.

V. Διαφάνεια

Για να διασφαλιστεί η διαφάνεια και το δικαίωμα των πολιτών να γνωρίζουν, απαιτείται η σήμανση των προϊόντων που περιέχουν νανοϋλικά και η δημιουργία βάσης δεδομένων με πληροφορίες ασφάλειας και υγιεινής.

VI. Συμμετοχή των πολιτών

Η συμμετοχή των πολιτών πρέπει να είναι ανοικτή, ουσιαστική και πλήρης. «Ανοικτή» σημαίνει πως οι διαδικασίες πρέπει να διευκολύνουν την ισότιμη συμμετοχή όλων των ενδιαφερόμενων και επηρεαζόμενων μερών. «Ουσιαστική» σημαίνει πως η συμμετοχή πρέπει να καταλήγει στην κατάσχεση σχεδίου δράσης, παρά να αντιδρά μετά από ένα «γεγονός». «Πλήρης» σημαίνει πως το περιεχόμενο της συμμετοχής ταυτίζεται με τη δημοκρατική ενασχόληση σε κάθε στάδιο της τεχνολογίας. Δηλαδή οι διαδικασίες καθοδηγούνται από τις ανάγκες της κοινωνίας που εντοπίζονται μέσω της δημόσιας διαβούλευσης και όχι με λανθασμένες υποθέσεις για το αναπόφευκτο της τεχνολογίας και/ή το όφελος.

VII. Ενσωμάτωση των ευρύτερων επιπτώσεων

Οι ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας πρέπει να ληφθούν υπόψη. Δημόσια συζήτηση για τις πιθανές επιπτώσεις των επόμενων γενεών των νανοτεχνολογιών επιβάλλεται να ξεκινήσει άμεσα.

VIII. Ευθύνη του παραγωγού/κατασκευαστή

Όλοι όσοι εμπορεύονται προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης, ερευνητές υπεύθυνοι για την ανάπτυξη νέων προϊόντων, διαχειριστές και εμπορικοί χρήστες, παραγωγοί και λιανέμποροι είναι υπεύθυνοι για βλάβες που μπορεί να δημιουργήσουν τα προϊόντα τους. Όσοι χρηματοδοτούν και εμπλέκονται στη διάθεση των προϊόντων είναι υπεύθυνοι για οποιαδήποτε βλάβη προκαλέσει στο περιβάλλον η ολιγωρία και η αδυναμία τους να λάβουν τα μέτρα τους προφυλακτικά (Kimbrell, 2009).

Ανεξάρτητα από την παραπάνω διακήρυξη του 2007 το ζήτημα της νανοτεχνολογίας, του ρυθμιστικού της πλαισίου και της διακυβέρνησής της έχει απασχολήσει σημαντικά τη διεθνή βιβλιογραφία. Υποστηρίζεται μάλιστα ποικιλία απόψεων συχνά αποκλινουσών. Τα τρία βασικά συμπεράσματα που καταγράφονται επανειλημμένα στις μελέτες σχετικά με τη διακυβέρνηση της νανοτεχνολογίας είναι τα εξής:

- Η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει ευρεία συλλογή ετερόκλητων τεχνολογιών σε κλίμακα νανο και δεν αποτελεί απαραίτητα μια νέα κατηγορία για την οποία να χρειάζεται να γίνεται ειδική μνεία σε θέματα κανονισμών και διακυβέρνησης
- Υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα και άγνοια σχετικά με τις πιθανές δυσμενείς συνέπειες πολλών παραγόμενων νανοϋλικών στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον
- Το ενδιαφέρον του κοινού για τους πιθανούς κινδύνους και για τα οφέλη που προκύπτουν από τη νανοτεχνολογία είναι γενικότερο και επικεντρώνεται στις σκοπιμότητες και τα συμφέροντα της καινοτομίας γενικά, οπότε και η πολιτική πρέπει να ασχολείται περισσότερο με τη διακυβέρνηση της καινοτομίας παρά με τη διακυβέρνηση κινδύνου (Rafol et al., 2011)

Η επιστημονική αβεβαιότητα και τα κενά στη γνώση γύρω από τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία, όπως επίσης και σε επίπεδο κανονιστικού πλαισίου έχουν καταδειχθεί από σειρά μελετών και ερευνητικών εκθέσεων. Οι ρυθμιστικές Αρχές έχουν αναγνωρίσει την ορθότητα των ευρημάτων αυτών των αναφορών, πλην όμως καταλήγουν πως μέχρι στιγμής το υπάρχον ρυθμιστικό πλαίσιο καλύπτει ικανοποιητικά τη νανοτεχνολογία. Όμως, οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσουν τα κανονιστικά συστήματα αφορούν κινδύνους καινοφανείς και υψηλής αβεβαιότητας και γι αυτό το λόγο οφείλουν να είναι αρκετά ευέλικτα. Έτσι λοιπόν, γίνεται προσπάθεια προώθησης της έρευνας ώστε να μετριαστεί η επιστημονική αβεβαιότητα σε ένα περιβάλλον με φορολογικούς περιορισμούς και έντονο ανταγωνισμό επιστημονικότητας μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού τομέα. Επίσης πρέπει να γίνει προετοιμασία για τα ταχύτατα μεταβαλλόμενα επιστημονικά και τεχνολογικά συστήματα και ανάπτυξη συστημάτων συλλογής πληροφοριών παγκόσμιας εμβέλειας ικανών να ανταποκριθούν με την παγκοσμιοποίηση της νανοτεχνολογίας που αποτελεί φαινόμενο εν εξελίξει. Εν κατακλείδι, οι προκλήσεις

είναι θεμελιακού χαρακτήρα και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν σε εθνικό επίπεδο, αλλά απαιτούν αφενός συντονισμό και συνεργασία σε διεθνές επίπεδο και αφετέρου βήμα προς βήμα προσέγγιση στην αξιολόγηση και αναπροσαρμογή του κανονιστικού πλαισίου και της αντίστοιχης υποδομής (Falkner & Jasper, 2012).

Η ρύθμιση και διακυβέρνηση των τεχνολογικά επεξεργασμένων νανοϋλικών (engineered nanomaterials-ENMs) είναι τόσο δυσχερές ως έργο όσο είναι και η καταγραφή και ταυτοποίηση των διαφορετικών τύπων, αν σκεφτεί κανείς πως είναι σχεδόν αδύνατον να αναφερθεί ο ακριβής αριθμός των τύπων των ENMs. Αξίζει να σημειωθεί πως μέχρι το 2011, πάνω από 50.000 διαφορετικοί τύποι νανοσωλήνων άνθρακα είχαν αναφερθεί. Άρα, το πρώτο στάδιο της ρύθμισης και διακυβέρνησης των νανοϋλικών πρέπει να είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων, που είναι γνωστή και ως «μητρώο των νανοϋλικών ή των προϊόντων νανοτεχνολογικής βάσης».

Από το 2005, διαφορετικές ρυθμιστικές Αρχές σε χώρες, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Αυστραλία, οι Η.Π.Α. και ο Καναδάς αποπειράθηκαν να συλλέξουν πληροφορίες για τα ENMs, αρχικά σε εθελοντική βάση, χωρίς επιτυχία λόγω της έλλειψης συνεργασίας από πλευράς των παραγωγών.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται συνοπτικά η εθελοντική προσπάθεια καταγραφής των ENMs

Πίνακας 4.1 Απόπειρα καταγραφής πληροφοριών για τα ENMs σε εθελοντική βάση

Χώρα	Έτος	Αρχή	Αποτέλεσμα
Γερμανία	2005-2006	Federal Institute for Occupational Health and Safety; Association of the Chemical Industry	Εντελώς Ανεπιτυχής
Αυστραλία	2005	Department of Health	Εντελώς Ανεπιτυχής
	2008	Department of Health	Εντελώς Ανεπιτυχής

Ηνωμένο Βασίλειο	2006	Department for Environment, Food and Rural Affairs	Ανεπιτυχής
Η.Π.Α.	2008	Environmental protection Agency	Επιτυχής

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Στον πίνακα 4.2 αποτυπώνονται οι χώρες που επέβαλλαν την υποχρεωτική καταγραφή των ENMs

Πίνακας 4.2 Υποχρεωτική καταγραφή πληροφοριών για τα ENMs

Χώρα	Έτος	Αρχή
Γαλλία	2012	French Environment Agency
Βέλγιο	2016	Federal Public Service Health, Food Safety and Environment
Σουηδία	2015[έναρξη]	Swedish Chemical Agency

Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Η ιδέα του μητρώου χημικών προϊόντων είναι απλή, έχει δε μεγάλη χρησιμότητα. Η ανάπτυξη μητρώου προϊόντων νανοτεχνολογικής βάσης είναι σχετικά πρόσφατη και τέτοια μητρώα μπορούν να εντοπιστούν στο πλαίσιο της Ευρώπης, Η.Π.Α. και Ιαπωνίας (Munir et al., 2016).

4.2.3. Κανονιστικό πλαίσιο : Ευρωπαϊκή Ένωση

Τα κράτη μέλη της Ε.Ε., στηρίζονται σε ισχύουσες διατάξεις και ρυθμίσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των χημικών, τροφίμων, καλλυντικών, φαρμάκων κλπ. Και μολονότι, οι ειδικές ρυθμιστικές διατάξεις διαφοροποιούνται σε διαφορετικές περιοχές που ισχύει το ενωσιακό δίκαιο, οι περισσότερες ρυθμίσεις δημιουργούνται σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης και τα θεσμικά όργανα της Ε.Ε. παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση κινδύνου και τη διαχείριση των νανοϋλικών,

ενώ τα κράτη μέλη περιορίζονται σε εφαρμογή του ενωσιακού δικαίου και των αποφάσεων ρυθμιστικού χαρακτήρα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση επέλεξε το δρόμο της προφύλαξης όσον αφορά τη χάραξη Ευρωπαϊκής στρατηγικής για τη νανοτεχνολογία, ενθαρρύνοντας την ενεργό συμμετοχή των εμπλεκόμενων φορέων. Από την κατάρτιση του πρώτου εγγράφου στρατηγικής το 2004 και μέχρι σήμερα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επέμενε στην ανάγκη για έκδοση κατάλληλου και έγκαιρου κανονισμού στον τομέα της δημόσιας υγείας, της προστασίας του καταναλωτή και του περιβάλλοντος, ώστε να εξασφαλίσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, εργαζομένων και επενδυτών. Από το 2004 έως το 2008 περίπου, η ρυθμιστική πολιτική της Ε.Ε. για τη νανοτεχνολογία χαρακτηριζόταν από:

- Μη διακριτό χαρακτήρα, όπου τα νανοϋλικά καλύπτονταν από υφιστάμενες ρυθμίσεις με στοιχειώδη εναρμόνιση, είτε σε εθνικό επίπεδο είτε σε επίπεδο τομέα με τους κανόνες της Ε.Ε.
- Τεχνική συνεργασία με πολυμερή ή διμερή φόρουμ (πχ Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης: τμήμα νανοτεχνολογίας και παραγόμενων νανοϋλικών, Ε.Ε.-Η.Π.Α. διάλογος για την νανο περιβαλλοντική ασφάλεια και υγιεινή) ή μεταξύ υπηρεσιών της Ε.Ε. και επιτροπών (πχ Κοινό Κέντρο Ερευνών Ε.Ε. και της επιστημονικής επιτροπής του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, για τους αναδυόμενους και τους πρόσφατα εντοπιζόμενους κινδύνους για την υγεία CENIHR) για την εφαρμογή της πολιτικής
- Άσκηση της πολιτικής της Ε.Ε. απουσία επίσημου Ευρωπαϊκού ορισμού ή διεθνούς ρυθμιστικής συμφωνίας σχετικά με το «τι είναι τα νανοϋλικά».

Οι διαθέσιμοι ορισμοί προέρχονταν από τον ιδιωτικό τομέα (ορισμός νανοςωματιδίων κατά το Ινστιτούτο Βρετανικών Προτύπων BSI το 2005). Το 2009 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, ενέκρινε τον ορισμό του 2008 κατά ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης), ενώ τρία χρόνια αργότερα εξετάστηκε η ενσωμάτωσή του στα Ευρωπαϊκά πρότυπα (CEN/TC 352) (Hanani & Dayan, 2014)

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσπάθησε να προωθήσει εθελοντικές πρωτοβουλίες για την ασφάλεια από ερευνητές και εταιρείες μέσα από τον Κώδικα Δεοντολογίας για την υπεύθυνη έρευνα στους τομείς των νανοεπιστημών και νανοτεχνολογιών (Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies), στον οποίο

ζητείται η συμμόρφωση με την Αρχή της Προφύλαξης και τονίζεται η σημασία της ανάγκης διαχείρισης των υγειονομικών και περιβαλλοντικών κινδύνων που μπορεί να υπάρξουν (European Commission Directorate General for Research, 2008b). Το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προέβη στην έκδοση σύστασης για τον ορισμό των νανοϋλικών (European Commission, 2011) για ρυθμιστικούς σκοπούς.

Για την αποτελεσματική διακυβέρνηση των νανοϋλικών, είναι σημαντικό να συνεχιστεί ο διάλογος μεταξύ βιομηχανίας και ερευνητικής κοινότητας, όπως και να αυξηθεί η συμμετοχή του κοινού. Οι διαβουλεύσεις κοινού και λοιπών ενδιαφερόμενων μερών σχετικά με τον ορισμό των νανοϋλικών είναι υψίστης σημασίας. Έτσι, ο ορισμός βρίσκεται υπό διαδικασία αναθεώρησης (JRC 2014, JRC 2015), που περιλαμβάνει συλλογή και αξιολόγηση στοιχείων σχετικών με τη χρήση του ορισμού και επιστημονικοτεχνικές σκέψεις με στόχο την αποσαφήνισή του και τη διευκόλυνση στην εφαρμογή του (JRC, EC EUROPA EU, 2014) (JRC, EC EUROPA EU, 2015) .

Τα περισσότερα νανοϋλικά εισάγονται στην αγορά ως χημικές ουσίες και υπό αυτήν την έννοια εμπίπτουν στο πεδίο του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Δεκεμβρίου 2006, που αναφέρεται στην καταχώρηση, αξιολόγηση, αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων, γνωστός ως κανονισμός REACH, που τέθηκε σε ισχύ το 2007 (EUR-Lex, 2006). Ο κανονισμός REACH εκτός από τις βασικούς σκοπούς για ταυτόχρονη εξασφάλιση της προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος, της ανταγωνιστικότητας και της καινοτομίας, στοχεύει και στην ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων για την αξιολόγηση των κινδύνων των χημικών ουσιών. Η ευθύνη για την εκτίμηση των κινδύνων ανήκει στους παραγωγούς, στους εισαγωγείς και στους μεταγενέστερους χρήστες, οι οποίοι οφείλουν να εξασφαλίζουν ότι οι ουσίες που παρασκευάζουν, διαθέτουν στην αγορά, ή χρησιμοποιούν δεν βλάπτουν την υγεία του ανθρώπου ούτε το περιβάλλον. Αυτό αποτελεί σημαντική διαφορά από το κανονιστικό πλαίσιο που ίσχυε παλαιότερα, σύμφωνα με το οποίο, το βάρος απόδειξης για τους ενδεχόμενους κινδύνους αναλάμβαναν οι αρμόδιες δημόσιες Αρχές (Assmuth et al., 2010). Η διαδικασία της καταχώρησης έγινε σταδιακά με στόχο μέχρι τις 30 Νοεμβρίου 2010, οι κατασκευαστές και εισαγωγείς όφειλαν να καταχωρήσουν χημικές ουσίες παραγόμενες ή εισαγόμενες σε ποσότητες

μεγαλύτερες των 100 τόννων ανά έτος. Το αυτό, ίσχυε για ουσίες παραγόμενες σε ποσότητες μεγαλύτερες των 100 τόννων ανά έτος που χαρακτηρίστηκαν ως πολύ τοξικές σε υδρόβιους οργανισμούς και για ουσίες παραγόμενες σε ποσότητες μεγαλύτερες του 1 τόννου ανά έτος που είχαν καταταχθεί στις κατηγορίες 1 ή 2 καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες ή τοξικές για την αναπαραγωγή του ανθρώπου. Μέχρι την 1^η Ιουνίου 2013 οι παραγωγοί ή εισαγωγείς ουσιών σε ποσότητες μεγαλύτερες των 100 τόννων ετησίως έπρεπε να τις καταχωρήσουν, ενώ έως 1^η Ιουνίου 2018 είναι η προθεσμία καταχώρησης ουσιών σε ποσότητες άνω των 10 τόννων. Αν και αρκετές χημικές ουσίες όπως πχ νανο-άργυρος και διάφορες μορφές νανოსωλήνων άνθρακα, είχαν καταχωρηθεί εκ των προτέρων ως νανοϋλικά, στον κανονισμό REACH δεν γινόταν αναφορά στα νανοϋλικά. Ένας από τους περιορισμούς που έχει ο κανονισμός REACH όσον αφορά τα νανοϋλικά, είναι αν ένα νανο- ομόλογο μιας χημικής ουσίας με διαφορετικές φυσικοχημικές και (οικο)τοξικές ιδιότητες από τη χημική ουσία (συμβατικού μεγέθους) θα έπρεπε να θεωρείται ίδια ή διαφορετική κατά τον κανονισμό. Σύμφωνα με τον κανονισμό REACH, ως ουσία ορίζεται ένα χημικό στοιχείο και τα μίγματα αυτού σε φυσική κατάσταση ή αφού παραληφθεί από οποιαδήποτε παραγωγική διαδικασία, συμπεριλαμβανομένου κάθε αναγκαίου πρόσθετου για να διατηρήσει την σταθερότητά του και κάθε ακαθαρσία που προκύπτει από την παραγωγική διαδικασία, εξαιρουμένου κάθε διαλύτη που μπορεί να διαχωριστεί χωρίς να επηρεάσει τη σταθερότητα της ουσίας ή την σύστασή της (EUR-Lex, 2006). Η θεώρηση του νανοϋλικού ως αντίστοιχο ή διαφορετικό από την αντίστοιχη χημική ουσία (συμβατικού μεγέθους), έχει σοβαρές επιπτώσεις στις απαιτήσεις που θέτει ο κανονισμός στους παραγωγούς πριν την εισαγωγή του νανοϋλικού στην αγορά. Εάν το νανοϋλικό θεωρείται διαφορετική ουσία, τότε θα πρέπει να δοθούν δεδομένα επικινδυνότητας για να κατατεθούν στον φάκελο καταχώρησης, εάν η παραγόμενη ποσότητα είναι άνω του 1 τόννου ανά έτος. Αντίθετα, εάν το νανοϋλικό θεωρείται ίδιο με την καταχωρημένη αντίστοιχη χημική ουσία (συμβατικού μεγέθους) τότε η σκοπιμότητα των δεδομένων επικινδυνότητας επιδέχεται συζήτησης.

Το 2008, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια ρυθμιστική επισκόπηση της νομοθεσίας της Ε.Ε., στην οποία αναφέρεται πως αν και δεν υπάρχει ειδική αναφορά για τα νανοϋλικά, ο ορισμός της χημικής ουσίας στον κανονισμό REACH καλύπτει

και τα νανοϋλικά. Επίσης έκανε σαφές πως όταν μια υπάρχουσα χημική ουσία, που ήδη κυκλοφορεί στην αγορά ως συμβατική χημική ουσία, εισαχθεί εκ νέου στην αγορά ως κάποια μορφή νανοϋλικού, ο φάκελος καταχώρησης θα πρέπει να ενημερωθεί με προσθήκη ειδικών χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης μορφής του νανοϋλικού. Οι επιπρόσθετες πληροφορίες, που περιλαμβάνουν διαφορετική ταξινόμηση και επισήμανση και πρόσθετα μέτρα διαχείρισης κινδύνου θα συμπεριλαμβάνονται στον φάκελο καταχώρησης. Τα μέτρα διαχείρισης κινδύνου και οι συνθήκες λειτουργίας πρέπει να επικοινωνούνται στην εφοδιαστική αλυσίδα (Commission of the European Communities, 2008). Παρόλα αυτά, παραμένει ασαφές το πώς οι εταιρείες θα εφαρμόσουν τα παραπάνω, όταν μάλιστα οι μέθοδοι εκτίμησης του χημικού κινδύνου που προτείνει ο κανονισμός REACH είναι συμβατικές και κατά πάσα πιθανότητα ακατάλληλες για την περίπτωση των νανοϋλικών. Αυτό σημαίνει πως σε περίπτωση που οι παραγωγοί και οι εισαγωγείς διαχειρίζονται ποσότητα άνω των 10 τόννων ετησίως, θα πρέπει να υποβάλλουν αξιολόγηση χημικής ασφάλειας και δεν θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το τοξικολογικό προφίλ της αντίστοιχης υπάρχουσας χημικής ουσίας και ούτε θα μπορούν με τις προτεινόμενες από τον κανονισμό μεθόδους ελέγχου και εκτίμησης κινδύνου να παράγουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Η Επιτροπή έχει ξεκινήσει ένα έργο, στο οποίο καλούνται να συμμετάσχουν όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και πρόκειται να ασχοληθούν με την ταυτοποίηση των χημικών ουσιών σύμφωνα με τον κανονισμό REACH. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως για παραγωγή ή εισαγωγή χημικής ουσίας ποσότητας κάτω του 1 τόννου ετησίως (αρκετά υψηλό όριο για τα περισσότερα νανοϋλικά) δεν χρειάζεται να καταχωρηθεί σύμφωνα με τον κανονισμό REACH, άρα εκτιμάται πως η πλειονότητα των εφαρμογών των νανοϋλικών θα εξαιρείται από το πεδίο εφαρμογής του κανονισμού (Hansen & Baun, 2012).

Με τον κανονισμό REACH σχετίζεται ο κανονισμός (ΕΚ) 1272/2008¹ για την ταξινόμηση, την επισήμανση και συσκευασία των ουσιών και των μειγμάτων (CLP) καθώς και την εν μέρει τροποποίηση του Κανονισμού 1907/2006. Ο Κανονισμός CLP ευθυγραμμίζει την παλαιότερη νομοθεσία της Ε.Ε. με το σύστημα ΠΕΣ (Παγκοσμίως Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και επισήμανσης των χημικών ουσιών), το οποίο είναι ένα σύστημα των Ηνωμένων Εθνών για τον εντοπισμό

¹ Βλ. Επίσημη Εφημερίδα της ΕΕ, L 353, 31.12.2008.

επικίνδυνων χημικών ουσιών και την ενημέρωση των χρηστών σχετικά με αυτούς τους κινδύνους (OSHA EU, 2008).

Οι κανονισμοί REACH και CLP έχουν αρκετά ευρύ πεδίο εφαρμογής για τη χημική βιομηχανία και συχνά ανεπαρκές για τις απαιτήσεις των περιβαλλοντικών οργανώσεων. Πολύ συχνά μάλιστα σε προϊόντα με την ένδειξη «προϊόν νανοτεχνολογίας» δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν με τις υπάρχουσες μεθόδους τα νανοϋλικά. Ταυτόχρονα, προϊόντα χωρίς τέτοια ένδειξη μπορεί να περιέχουν νανοϋλικά. Οι προϋποθέσεις καταχώρησης μιας χημικής ουσίας σύμφωνα με τον κανονισμό REACH συνδέονται άμεσα με την ποσότητα, για ποσότητες μάλιστα μικρότερες του 1 τόννου (που συμβαίνει συχνά με νανοϋλικά) ούτε καν προβλέπονται. Παράλληλα υπάρχει και το θεμελιώδες ερώτημα εάν ένα νανοϋλικό θεωρείται διαφορετική χημική ουσία από το ομόλογό του συμβατικών διαστάσεων (Stoute, 2012). Οι προϋποθέσεις για την καταχώρηση χημικών ουσιών δεν καλύπτουν τις ιδιαιτερότητες των νανοϋλικών, καθώς αυτές απαιτούν περισσότερα στοιχεία για τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους, όπως πχ το μέγεθος και η ειδική επιφάνεια, επιφανειακή δραστηριότητα, επιφανειακό φορτίο κλπ (DG, 2008). Επομένως πρακτικά, η συλλογή στοιχείων για τα νανοϋλικά μέσω του συστήματος καταχώρησης του κανονισμού REACH φαίνεται να είναι υποτυπώδης. Κατά συνέπεια και τα δελτία δεδομένων ασφαλείας (Material Safety Data Sheets-MSDS) είναι ελλιπή και παραμένει αβέβαιο το αν και σε ποιο βαθμό οι εργαζόμενοι έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες για νανοϋλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή στο χώρο εργασίας τους (Stoute, 2012).

Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν ειδικές ρυθμίσεις στη νομοθεσία της Ε.Ε. που να στοχεύουν αποκλειστικά τα νανοϋλικά και ο κανονισμός REACH δεν διαφοροποιεί ευκρινώς τα νανοϋλικά από τις υπόλοιπες χημικές ουσίες. Το 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προέβη στην έκδοση ειδικής σύστασης για τον ορισμό των νανοϋλικών, που πρέπει να χρησιμοποιείται και στους διάφορους κανονισμούς της Ε.Ε. όπως είναι οι κανονισμοί REACH και CLP.

Επίσης, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Χημικών Προϊόντων - European Chemicals Agency (ECHA) - σε συνεργασία με άλλα κράτη μέλη της Ε.Ε. δημοσίευσε κάποια έγγραφα καθοδήγησης για τη λογιστική εγγραφή των νανοϋλικών από τις

βιομηχανίες, που θα διευκολύνει και την καταχώρηση των νανοϋλικών στον κανονισμό REACH.

Αντίστοιχα, διάφορα υποχρεωτικά συστήματα υποβολής αναφορών και εντοπισμού έχουν υιοθετηθεί στη Γαλλία υπό το νόμο Grenell II Act και στην Αυστρία υπό το Σχέδιο Δράσης για τη Νανοτεχνολογία και την ασφάλεια από τα νανοϋλικά (Nanotechnology Action Plan for the safety of nanomaterials) (Hegde et al., 2016).

Το 2012, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε την πρόθεσή της για αναθεώρηση του κανονισμού REACH, στην οποία γίνεται για πρώτη φορά αναφορά σε κριτήρια για νανοϋλικά προκειμένου να αδειοδοτηθούν (EC, EC EUROPA EU, 2012). Η διαδικασία όμως αυτή της αναθεώρησης βρίσκεται σε εξέλιξη και δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί.

4.2.4. Κανονιστικό πλαίσιο : Η.Π.Α.

Η ρυθμιστική αρμοδιότητα για τα νανοϋλικά και τα προϊόντα νανοτεχνολογίας καταμερίζεται σε διαφορετικούς ομοσπονδιακούς οργανισμούς. Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) είναι υπεύθυνη για τη ρύθμιση χημικών ουσιών ή ζιζανιοκτόνων που είναι ή αποτελούνται από νανοϋλικά. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) εξετάζει τους ενδεχόμενους κινδύνους από τη χρήση φαρμάκων, ιατρικών συσκευών, τροφίμων, πρόσθετων τροφίμων και καλλυντικών. Ο Οργανισμός για την Ασφάλεια και Υγεία στην εργασία (OSHA US) ασχολείται με τις παραμέτρους ασφάλειας στο χώρο εργασίας, ενώ η Επιτροπή για την ασφάλεια των καταναλωτικών προϊόντων στοχεύει στη διασφάλιση έναντι ενδεχόμενων κινδύνων από τη χρήση καταναλωτικών προϊόντων. Τέλος, το Υπουργείο Γεωργίας ασχολείται με τις παραμέτρους ασφάλειας τροφίμων και πρόσθετων αυτών. Αν και το ρυθμιστικό σύστημα είναι αποκεντρωτικό, οι επιμέρους αρχές συντονίζονται μέσα από την Εθνική Πρωτοβουλία για τη Νανοτεχνολογία (NNI), που ξεκίνησε τη δράση της το 2000, εδρεύει στο Λευκό Οίκο και έχει ως στόχο το συντονισμό της έρευνας, ανάπτυξης και πολιτικής 25 διαφορετικών ομοσπονδιακών επιτροπών. Αξίζει να σημειωθεί πως για το φορολογικό έτος 2010 το Κογκρέσο ενέκρινε 1.8 δις δολλάρια για έρευνα & ανάπτυξη νανοτεχνολογίας, ενώ το 2001 ο αντίστοιχος προϋπολογισμός ήταν 464 εκατομμύρια δολλάρια.

Ο οργανισμός EPA είναι κυρίως υπεύθυνος για τη ρύθμιση των νανοϋλικών με βάση το νόμο περί ελέγχου τοξικών ουσιών [Toxic Substances Control Act (TSCA)] και τον ομοσπονδιακό νόμο περί εντομοκτόνων, μυκητοκτόνων, τρωκτικοκτόνων [Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA)]. Ο EPA έχει πλέον νέα προσέγγιση στη ρύθμιση των νανοϋλικών. Παλαιότερα, οι παραγωγοί νανοϋλικών ενθαρρύνονταν να δίνουν πληροφορίες για τα νανοϋλικά σε εθελοντική βάση μέσω του προγράμματος διαχείρισης υλικών νανοκλίμακας [Nanoscale Materials Stewardship Program (NMSP)], όμως κατά την επανεξέταση της πορείας του προγράμματος διαπιστώθηκε πως οι παραγωγοί ήταν επιφυλακτικοί ως προς τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα. Το αποτέλεσμα ήταν πως τα κενά στα δεδομένα ασφάλειας και υγιεινής που σκόπευε να καλύψει ο οργανισμός μέσω του προγράμματος NMSP δεν καλύφθηκαν ποτέ (Falkner & Jasper, 2012). Ο EPA έχει στραφεί πλέον σε υποχρεωτική προσέγγιση με στόχο τη συλλογή λεπτομερών δεδομένων, την κατάρτιση προτύπων στην παραγωγή, χρήση και ασφαλή διάθεση των νανοϋλικών, που περιλαμβάνει επίσης ειδοποιήσεις πριν την παραγωγή (Pre-manufacture notification rule) για νέα νανοϋλικά και αυστηρά μέτρα για τη συλλογή πληροφοριών σε νέα και υπάρχοντα νανοϋλικά. Με την ειδοποίηση πριν την παραγωγή ο νόμος περί ελέγχου τοξικών ουσιών (TSCA) αναζητά συγκεκριμένες πληροφορίες για νέες χημικές ουσίες για επανεξέταση του κινδύνου για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου πριν την παραγωγή. Από το 2015, ο EPA επανεξέτασε περισσότερες από 160 νέες χημικές ουσίες στην κατηγορία υλικών νανοκλίμακας, όπως πχ νανοσωλήνες άνθρακα και προέβη στη λήψη μέτρων ελέγχου, όπως πχ μείωση χρήσης, χρησιμοποίηση προστατευτικού εξοπλισμού για τους εργαζόμενους, περιορισμό της αποδέσμευσής τους στο περιβάλλον και προέβαλε την ανάγκη για περισσότερες μετρήσεις και δοκιμές με στόχο την εξαγωγή δεδομένων επίδρασης στο περιβάλλον και την υγεία. Αρκετά υλικά νανοκλίμακας περιορίζονται σε παραγωγή κατόπιν συναίνεσης ή Σημαντικούς Κανόνες Για Νέα Χρήση [Significant New Use Rules (SNUR)] που υπάγονται στο νόμο TSCA. Υπό το καθεστώς της πρόβλεψης για συλλογή πληροφοριών, ο EPA προσπαθεί να παροτρύνει τους κατασκευαστές να παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες (πχ όγκο παραγωγής, μέθοδο παραγωγής και επεξεργασίας, δεδομένα έκθεσης και αποδέσμευσης στο περιβάλλον, δεδομένα ασφάλειας και υγιεινής), οι οποίες θα αρχειοθετούνται. Τα στοιχεία αυτά θα υποβάλλονται στον EPA σύμφωνα με τον

κανονισμό TSCA συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πριν την έναρξη της παραγωγής. Κατ' αναλογία προς τον EPA, και ο FDA έχει δημοσιεύσει κατευθυντήριες γραμμές για τη βιομηχανία όσον αφορά τη χρήση νανοϋλικών σε καλλυντικά, συστατικά τροφίμων, χρωστικών και υλικών που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα (Hegde et al., 2016).

4.2.5. Κανονιστικό πλαίσιο : Άλλες βιομηχανικές χώρες & χώρες με αναδυόμενες οικονομίες

Στον Καναδά δεν υπάρχει ειδική νομοθεσία για τη ρύθμιση της νανοτεχνολογίας και εφαρμόζονται υφιστάμενοι νόμοι, όπως ο Καναδικός Νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος [Canadian Environmental Protection Act, 1999 (CEP)], ο Νόμος περί γεωργικών φαρμάκων [Pest Control Products Act (PCPA)] και ο Νόμος περί λιπασμάτων, ζωοτροφών, τροφίμων και φαρμάκων (Fertilizers, Feeds, Food and Drugs Act). Ο Καναδάς και η Αυστραλία εισήγαγαν τα δικά τους συστήματα παροχής πληροφοριών σε εθελοντική βάση, ενώ η Καναδική κυβέρνηση ακόμα εξετάζει το ενδεχόμενο να μετατρέψει τη χρήση του συστήματος σε υποχρεωτική και εργάζεται για να αναπτύξει αλλαγές στις ρυθμίσεις για τα νανοϋλικά με χρηματοδότηση της έρευνας σχετικά με την ασφάλεια & υγιεινή. Τα Ασιατικά κράτη συμμετέχουν ενεργά και δαπανούν σημαντικά ποσά για την προώθηση της νανοτεχνολογίας και των κανονιστικών σχημάτων. Σε κάποιες χώρες όπως η Κορέα, Ν. Ζηλανδία, Αυστραλία και Καναδά έχουν προχωρήσει σε αναθεώρηση των υφιστάμενων ρυθμίσεων, ενώ στην Ιαπωνία είναι σε εξέλιξη έρευνα για την ασφάλεια από τη χρήση νανοϋλικών που οργανώνει το Υπουργείο Υγείας, Εργασίας και Κοινωνικής Πρόνοιας [Ministry of Health, Labour, and Welfare (MHLW)] και το Υπουργείο Περιβάλλοντος [Ministry of the Environment (MOE)]. Επίσης, το Εθνικό Ινστιτούτο Προηγμένης Βιομηχανικής επιστήμης και τεχνολογίας [The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)] έχει δημοσιεύσει σημαντικά στοιχεία και εκθέσεις εκτίμησης κινδύνου για διάφορα νανοϋλικά, όπως φουλερένια, νανοσωλήνες άνθρακα και διοξείδιο του τιτανίου με στόχο τη διαμόρφωση ρυθμίσεων για τα νανοϋλικά. Όσον αφορά τις χώρες με αναδυόμενες οικονομίες και κάποιες αναπτυσσόμενες όπως η Κίνα, η Ινδία, η Ρωσία, η Βραζιλία και η Ν. Αφρική επενδύουν σημαντικά ποσά στη βασική και εφαρμοσμένη έρευνα

των νανοεπιστημών. Προσπαθούν να κλείσουν το τεχνολογικό χάσμα με τις ηγετικές βιομηχανοποιημένες χώρες και έχουν αρχίσει να παράγουν νανοϋλικά και προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης σε εμπορεύσιμες ποσότητες. Παρόλα αυτά, η ικανότητα των χωρών με αναδυόμενες οικονομίες για την αντιμετώπιση των ενδεχόμενων κινδύνων της νανοτεχνολογίας είναι περιορισμένη. Γενικά, καμία από τις προαναφερθείσες χώρες δεν έχει υιοθετήσει ειδικούς για τη νανοτεχνολογία κανόνες και ρυθμίσεις πέρα από τα υφιστάμενα πλαίσια ασφάλειας (Falkner & Jasper, 2012) (NIA, 2017) (Hegde K. et al., 2016).

4.3 Νομοθετικό πλαίσιο για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

4.3.1. Στην Ε.Ε.

Το 2002 (16.12.2002) εκδίδεται η οδηγία 2002/91 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός τη Ε.Ε. έχοντας λάβει υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, όπως επίσης και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους.

Η οδηγία θεσπίζει απαιτήσεις που σκιαγραφούν:

- α. το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
- β. την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων, υφιστάμενων ή και άλλων κατηγοριών. Στις απαιτήσεις αυτές συνεκτιμώνται οι γενικές απαιτήσεις εσωτερικών κλιματικών συνθηκών, οι τοπικές συνθήκες, η προβλεπόμενη χρήση και η ηλικία του κτιρίου. Οι απαιτήσεις το πολύ ανά πέντε έτη αναθεωρούνται ή και ενημερώνονται αν το απαιτεί η τεχνολογική πρόοδος στο χώρο των κτιριακών κατασκευών.
- γ. την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφισταμένων κτιρίων στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση
- δ. την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων με πιστοποιητικό δεκαετούς διάρκειας. Ο σκοπός του πιστοποιητικού περιορίζεται στην παροχή πληροφοριών και οι

ενδεχόμενες συνέπειές τους σε νομικές ή άλλες διαδικασίες αποφασίζονται σύμφωνα με εθνικούς κανόνες.

ε. την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων και μια αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης των οποίων οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Όσον αφορά τη μεταφορά στην εθνική νομοθεσία, τα κράτη μέλη οφείλουν να θέσουν σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις για να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία μέχρι τις 4 Ιανουαρίου του 2006. Προβλέπεται τριετής παράταση της πλήρους εφαρμογής της οδηγίας, σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμοι ειδικευμένοι ή /και διαπιστευμένοι εμπειρογνώμονες για την εφαρμογή των άρθρων περί πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, επιθεώρησης λεβήτων και συστημάτων κλιματισμού (EUR-LeX, 2002).

Εν τω μεταξύ, στις 5 Απριλίου 2006 εκδίδεται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο η οδηγία 2006/32 για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες και για την κατάργηση της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ του Συμβουλίου (EUR-Lex, 2006). Στην οδηγία αυτή υιοθετείται ο συνολικός ενδεικτικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας 9% για το ένατο έτος εφαρμογής της οδηγίας, δηλαδή μέχρι τα τέλη του 2016. Τα κράτη μέλη μεριμνούν για τη λήψη οικονομικώς αποδοτικών μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στο Δημόσιο τομέα σε εθνικό, περιφερειακό ή/και τοπικό επίπεδο, παρέχουν κίνητρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση ενέργειας και θεσμοθετούν την ανάπτυξη αγοράς ενεργειακών υπηρεσιών. Δημιουργείται δηλαδή το θεσμικό και νομικό πλαίσιο για να επιτευχθούν οι στόχοι.

Στις 19 Μαΐου 2010 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εκδίδει την οδηγία 2010/30 /Ε.Ε. για την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά (αναδιατύπωση). Πρόκειται για την αναδιατύπωση της οδηγίας 92/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου (22.09.1992), η οποία περιοριζόταν στις οικιακές συσκευές. Η παρούσα οδηγία επεκτείνει το φάσμα

εφαρμογών και θεσπίζει πλαίσιο για την εναρμόνιση των εθνικών μέτρων παροχής πληροφοριών στους τελικούς χρήστες, ιδίως μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με το προϊόν, όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και κατά περίπτωση άλλων βασικών πόρων κατά τη χρήση, και συμπληρωματικών πληροφοριών για συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα έτσι ώστε οι τελικοί χρήστες να μπορούν να επιλέγουν αποδοτικότερα προϊόντα (EUR-LeX, 2010)

Στις 19 Μαΐου 2010 αναδιατυπώνεται η οδηγία 2002/91/EK με την έκδοση της οδηγίας 2010/31 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUR-LeX, 2010) . Κύριος στόχος της οδηγίας αναδιατύπωσης ήταν η αποσαφήνιση κάποιων διατάξεων της προηγούμενης οδηγίας και η ενίσχυση των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης σε σχέση με:

- το κοινό γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και κτιριακών μονάδων·
- την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση νέων κτιρίων και νέων κτιριακών μονάδων, ορίζοντας, για παράδειγμα, ότι έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια πρέπει να έχουν σχεδόν μηδενικό ενεργειακό ισοζύγιο
- την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση, ειδικότερα όσον αφορά: υφιστάμενα κτίρια, δομικά στοιχεία στα οποία γίνεται μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση, και τεχνικά συστήματα κτιρίων όταν εγκαθίστανται, αντικαθίστανται ή αναβαθμίζονται
- την ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων ή κτιριακών μονάδων, την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού στα κτίρια, και ανεξάρτητα συστήματα ελέγχου για τα πιστοποιητικά ενεργειακής απόδοσης και τις εκθέσεις ελέγχου (Europarl, 2016).

Στις 25 Οκτωβρίου του 2012, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκδίδουν την οδηγία 2012/27/ Ε.Ε. για την ενεργειακή απόδοση, την τροποποίηση των οδηγιών 2009/125/EK και 2010/30 Ε.Ε. και την κατάργηση των οδηγιών 2002/8/EK και 2006/32/EK (EUR-LeX, 2012). Η οδηγία

αποσκοπεί στη θέσπιση ενιαίου πλαισίου μέτρων και δράσεων ώστε να επιτευχθεί ο στόχος για εξοικονόμηση ενέργειας 20% στην Ε.Ε. μέχρι το 2020 (με δεδομένη την υστέρηση ως προς τους στόχους του 2020, ταυτόχρονα όμως και την επιτακτική ανάγκη επίτευξής τους), αυξάνοντας την ενεργειακή απόδοση, όπως επίσης και να προετοιμάσει το έδαφος για περαιτέρω βελτίωση της εξοικονόμησης ενέργειας και μετά το 2020. Η προθεσμία συμμόρφωσης είναι 05.06.2014.

Η οδηγία 2012/27/Ε.Ε. καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ τα κράτη μέλη έχουν το δικαίωμα να λάβουν και αυστηρότερα μέτρα με βάση έναν ενδεικτικό εθνικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας που υποχρεούνται να θέσουν.

Μεταξύ άλλων ορίζει πως τα κράτη μέλη οφείλουν να καθορίσουν μακροχρόνια στρατηγική και μηχανισμούς για την ανακαίνιση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος της χώρας. Επίσης αποδίδει έναν υποδειγματικό ρόλο στο Δημόσιο τομέα, αφού οι δημόσιοι φορείς θα πρέπει να αγοράζουν ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, προϊόντα και υπηρεσίες, καθώς και να ανακαινίζουν κάθε χρόνο το 3% των κτιρίων. Από αυτή την υποχρέωση απαλλάσσονται τα κτίρια υπό καθεστώς προστασίας λόγω ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας, κτίρια που ανήκουν στις ένοπλες δυνάμεις και κτίρια που χρησιμοποιούνται ως χώροι λατρείας ή για θρησκευτικές δραστηριότητες. Σε αυτό το σημείο υπάρχει το εξής οξύμωρο, τα κτίρια που λειτουργούν ως χώροι εκδήλωσης θρησκευτικού αισθήματος δεν εμπίπτουν στην κατηγορία των δημοσίων κτιρίων αν και θα μπορούσαν επίσης να παίζουν ρόλο παραδείγματος, αφού απευθύνονται σε μεγάλο αριθμό τελικών καταναλωτών οι οποίοι πρέπει να ευαισθητοποιηθούν και να εκπαιδευτούν σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, ώστε ο στόχος της Ε.Ε. να υλοποιηθεί (Maria et al., 2013).

Η οδηγία 2012/27/Ε.Ε. επίσης προβλέπει την παροχή κινήτρων από τις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας στους τελικούς χρήστες, ώστε να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας μέσω βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης και διεξαγωγή ενεργειακού ελέγχου για τις μεγάλες επιχειρήσεις κάθε τέσσερα χρόνια. Οι εθνικές ρυθμιστικές αρχές ενέργειας θα λαμβάνουν υπόψη την ενεργειακή απόδοση όταν αποφασίζουν πώς και με ποιο κόστος θα διανέμεται ενέργεια στους τελικούς χρήστες (δηλαδή σύνδεση των τιμολογίων των εταιρειών ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. με την Ενεργειακή Ταυτότητα των κτιρίων).

Για πρώτη φορά γίνεται αναφορά στον όρο του «ευφυούς», σωστά ενημερωμένου καταναλωτή που με τη χρήση του «έξυπνου» μετρητή (μέχρι το 2020 το 80% των καταναλωτών θα έχει εξοπλιστεί με «έξυπνα» συστήματα μέτρησης σύμφωνα με την οδηγία 2009/72 EC), θα μπορεί ο ίδιος να γνωρίζει, να μετράει, να καταλαβαίνει το προφίλ της ενεργειακής του κατανάλωσης (Kokkaliaris & Maria, 2015) .

Η οδηγία ενθαρρύνει την κατάστροψη μακροχρόνιων σχεδίων δράσης, δίνει στα κράτη-μέλη τη δυνατότητα να διαμορφώσουν στρατηγική δράσης ανάλογα με τις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες, με λήψη υποχρεωτικών μέτρων και θέσπιση κανόνων με πρόβλεψη για επιβολή κυρώσεων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Τέλος, έχει αυστηρά χρονικά όρια για την υιοθέτηση των μέτρων από τα κράτη μέλη μετά από εφαρμογή σχεδίων δράσης και υπό την εποπτεία και παρακολούθηση της Επιτροπής.

Αξίζει να σημειωθεί πως η οδηγία 2012/27 εκδόθηκε σε μια κρίσιμη στιγμή ειδικότερα για τα κράτη μέλη που πλήττονται από οικονομική κρίση, με αποτέλεσμα να χρειάζεται ειδική επιχειρηματολογία για να πειστεί ο καταναλωτής να επενδύσει στην ανακαίνιση της οικίας του ή οι επιχειρηματίες να επενδύσουν σε νέα προϊόντα. Και είναι όντως δύσκολο να αποφασίσει ο καταναλωτής ή ο επιχειρηματίας οποιαδήποτε επένδυση, όταν βρίσκεται σε οικονομική δυσχέρεια, είναι υπερχρεωμένος και αντιμετωπίζει συνεχή και απρόβλεπτη μείωση του εισοδήματός του και έλλειψη ρευστότητας. Οπότε η διαδικασία στροφής σε ο,τιδήποτε νέο (προϊόντα, υπηρεσίες και κτίρια ή και συνήθειες κατά τη χρήση ενέργειας) που εμπεριέχει εγγενώς τον παράγοντα «αβεβαιότητα», αποτελεί εξ ορισμού μεγάλη πρόκληση, ειδικά όταν το «νέο» έρχεται να ανατρέψει παγειωμένες πρακτικές και συνήθειες πολλών δεκαετιών (Maria E.-A. et al., 2013) .

Επίσης στις 30.11.2016 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο υπέβαλαν πρόταση για την αναθεώρηση της οδηγίας 2010/31 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (European Parliament, 2016). Η αναθεώρηση της Οδηγίας θα έχει ως στόχους:

- τη χάραξη μακροπρόθεσμης στρατηγικής ανακαίνισης κτιρίων- δεδομένου ότι το 75% των κτιρίων δεν είναι ενεργειακά αποδοτικά-,

- τη συγκέντρωση χρηματοδότησης και τη δημιουργία ξεκάθαρα οράματος για κτιριακό απόθεμα (με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) μέχρι το 2050
- την ενθάρρυνση της χρήσης ICT και «έξυπνων» τεχνολογιών ώστε να εξασφαλιστεί η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων
- τη διόρθωση προβλέψεων που δεν είχαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

4.3.2. Στην Ελλάδα

Η οδηγία 2002/91 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης μετά από καθυστέρηση μεγαλύτερη των δύο ετών και μια καταδίκη στο Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (υπόθεση C-342/07, έκδοση απόφασης 17.01.2008) ενσωματώνεται στο εθνικό δίκαιο στις 19 Μαΐου 2008 με το νόμο 3661/2008 (Α'89) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Ο ν. 3661/2008 προέβλεπε την έκδοση Κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων εντός έξι μηνών από την έκδοσή του, προθεσμία που δεν τηρήθηκε με αποτέλεσμα ο νόμος να μην εφαρμοστεί (Maria e.-A. et al., 2013).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή λόγω της καθυστέρησης της Ελλάδας να εκδώσει Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, κίνησε εκ νέου προδικαστική διαδικασία για παράβαση, βάσει του άρθρου 228 της Συνθήκης ΕΚ, καθώς είχε ήδη αποστείλει στην Ελλάδα προειδοποιητική επιστολή από τον Ιούνιο του 2008 και αιτιολογημένη γνώμη τον Φεβρουάριο του 2009.

Τελικά στις 30 Μαρτίου του 2010 θεσμοθετείται ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων (KENAK), που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30-03-2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β' 407). Ο KENAK θεσπίζει την (άγνωστη ως τότε) έννοια του ενεργειακού πιστοποιητικού, προσδιορίζει τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, ορίζοντας ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις για νέα ή ριζικώς ανακαινισμένα κτίρια και προσδιορίζει τις απαιτήσεις και τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης (WWF, 2010).

Η εναρμόνιση με την οδηγία 2006/32/E.E. έγινε με το ν. 3855/2010 (ΦΕΚ Α95/23.06.2010) αν και η προθεσμία συμμόρφωσης με την οδηγία ήταν μέχρι τις 17 Μαΐου 2008 (Maria E.-A.et al. , 2013).

Η οδηγία 2010/30/E.E. ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία το 2011 με την υπουργική απόφαση 12400/1108 (ΦΕΚ Β 2301/ 14.10.2011).

Η οδηγία 2010/31/E.E. εναρμονίζεται στο εθνικό δίκαιο με το ν. 4122/2013 «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/E.E. του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις», ενώ η ενσωμάτωση της οδηγίας 2012/27/E.E. γίνεται με το ν. 4342/2015 (ΦΕΚ 143/Α/9-11-2005) στις 9 Νοεμβρίου 2015.

4.4 Η εθνική νομοθεσία για τη χρήση υλικών στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

«Σύμφωνα με την αρχή της υπεροχής, το Ευρωπαϊκό Δίκαιο υπερισχύει των εθνικών δικαίων των κρατών μελών. Η αρχή της υπεροχής ισχύει για όλες τις ευρωπαϊκές πράξεις οι οποίες διαθέτουν δεσμευτική ισχύ. Τα κράτη μέλη δεν μπορούν, συνεπώς, να εφαρμόσουν εθνικό κανόνα που αντιβαίνει στο ευρωπαϊκό δίκαιο.

Επίσης, όλες οι εθνικές πράξεις υπόκεινται στην εν λόγω αρχή, όποια και αν είναι η φύση τους: νόμος, κανονισμός, διάταγμα, διάταξη, εγκύκλιος, κλπ., ανεξάρτητα από το εάν τα κείμενα αυτά έχουν εκδοθεί από την εκτελεστική ή νομοθετική εξουσία του κράτους μέλους. Η δικαστική εξουσία υπόκειται επίσης στην αρχή της υπεροχής. Πράγματι, το δίκαιο που παράγεται από τη δικαστική εξουσία, δηλαδή η νομολογία, πρέπει να είναι σύμφωνο προς το δίκαιο της Ένωσης» (EU, 2010).

Οι κανονισμοί της E.E. υπερισχύουν οποιασδήποτε εθνικής νομοθεσίας. Εκδίδονται από το Συμβούλιο της E.E. ή γνωστό και ως Συμβούλιο Υπουργών, μεταφράζονται, δημοσιεύονται στην Ευρωπαϊκή εφημερίδα της E.E. και ισχύουν άμεσα, αυτόματα και ταυτόχρονα και στα 28 μέλη της E.E.. Όσον αφορά τις Οδηγίες, προτού εφαρμοστούν σε κάθε κράτος-μέλος της E.E. χρειάζονται πράξη εναρμόνισης.

Στην Ελλάδα, δεν υπάρχει εθνική νομοθεσία ή ρυθμιστικό πλαίσιο για τα νανοϋλικά ή τα προϊόντα νανοτεχνολογίας. Οι παραγωγοί και εισαγωγείς υποχρεούνται να συμμορφώνονται με το ρυθμιστικό πλαίσιο της Ε.Ε.. Ειδικότερα σε σχέση με τον Κανονισμό REACH η υποχρέωση συμμόρφωσης επειδή πηγάζει από Κανονισμό δεν απαιτείται ουδεμία πράξη εναρμόνισης αλλά είναι άμεσης εφαρμογής όλες οι διατάξεις του.

Όσον αφορά τα δομικά προϊόντα, στις 9 Μαρτίου 2011 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ε.Ε. αρ.305/2011 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση εναρμονισμένων όρων εμπορίας προϊόντων του τομέα δομικών κατασκευών και για την κατάργηση της οδηγίας 89/106 ΕΟΚ του Συμβουλίου (EUR-Lex, 2011). Σε συνέχεια του παραπάνω Κανονισμού εκδόθηκε η ΚΥΑ Κοινή Υπουργική Απόφαση υπουργού Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας- Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων ΚΥΑ 6990 (ΦΕΚ 1914/Β/15.06.2012) υπό τον τίτλο: «Προϊόντα Δομικών Κατασκευών: χαρακτηριστικά, τεχνικές προδιαγραφές, διαδικασίες αξιολόγησης, συμμόρφωσης και σήμανση συμμόρφωσης CE». Αφορά τους παραγωγούς δομικών προϊόντων, των οποίων η υποχρέωση συμμόρφωσης στον Κανονισμό 305/2011 δεν ήταν σαφής από την Ελληνική Νομοθεσία. Ως προϊόντα δομικών κατασκευών ορίζονται τα προϊόντα που προορίζονται να ενσωματωθούν με διαρκή και μόνιμο τρόπο στα δομικά έργα. Σε αυτά περιλαμβάνονται θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων, όχι όμως οι θερμομονωτικές βαφές οι οποίες κατατάσσονται στις βαφές και εξαιρούνται της υποχρέωσης συμμόρφωσης σε CE λόγω της έλλειψης σχετικού θεσμοθετημένου εναρμονισμένου προτύπου.

Σε αυτό το σημείο τίθεται ένα ζήτημα κατηγοριοποίησης των θερμομονωτικών βαφών, λόγω του μικρού πάχους (μέχρι 200μm περίπου) σε σχέση με τα συμβατικά θερμομονωτικά πάχους από 3 cm έως και 10 cm (πχ πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης χαμηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,033 \text{ W/mK}$).

Οι θερμομονωτικές βαφές εμπίπτουν στη γενική κατηγορία Επιχρίσματα για εξωτερικούς τοίχους ορυκτού υποστρώματος και υπάγονται στην Οδηγία 2004/42/ΕΚ (21.04.2004) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών

διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα φανοποιίας αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/EK (EUR-Lex, 2004) .

Είναι λοιπόν σαφές πως η κατηγοριοποίηση των «έξυπνων» υλικών και υλικών νανοτεχνολογίας είναι ένα ζήτημα που χρήζει περαιτέρω μελέτης και ενδεχομένως να πρέπει οι άμεσα εμπλεκόμενοι φορείς (πχ Ε.Ε., εθνικό κράτος και παραγωγοί) να επιδιώξουν την ένταξη των υλικών αυτών στα προϊόντα δομικών κατασκευών και στη συνέχεια στις Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές. Επίσης είναι αναμενόμενο πως η κωδικοποίηση των εξειδικευμένων βαφών (ψυχρές θερμομονωτικές, αυτοκαθαριζόμενες, αντιμικροβιακές κλπ), που συχνά είναι προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης, σε επίπεδο Ε.Ε. και κατά συνέπεια και σε εθνικό επίπεδο πάσχει με αποτέλεσμα να μην προωθείται θεσμοθετημένα η χρήση των καινοτόμων υλικών.

Όσον αφορά τα ψυχρά υλικά, που χρησιμοποιούνται στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια η αναζήτηση νομοθετημάτων έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

1)Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/14826 ΦΕΚ 1122/2008 (κοινή υπουργική απόφαση υπουργού εσωτερικών, υπουργού οικονομίας και οικονομικών και υπουργού ανάπτυξης) με τίτλο :«Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα».

Στο Άρθρο 8 περιγράφονται Πρόσθετα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια που μισθώνονται από το Δημόσιο ή από φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα, για τη στέγαση των υπηρεσιών τους.

Σε περίπτωση που δεν μπορούν να γίνουν συνολικές παρεμβάσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας ή δεν προκύπτουν ως άμεση ανάγκη από την έκθεση ενεργειακής καταγραφής απαιτείται τουλάχιστον η εφαρμογή απλών τεχνικών και συστημάτων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου, όπως ενδεικτικά:

α. Επίχρυσμα της ταράτσας κάθε κτιρίου με ψυχρές βαφές μεγάλης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία. Σε όλα τα κτίρια που διαθέτουν ελεύθερη οροφή, στην οποία δεν υπάρχει επικάλυψη από ανακλαστικό υλικό,

λαμβάνεται πρόνοια ώστε να χρωματιστεί με ανακλαστική βαφή, κατά προτίμηση λευκού χρώματος, που να παρουσιάζει συνολικό συντελεστή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία τουλάχιστον με 0,87 και συντελεστή εκπομπής τουλάχιστον 0,8. Είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται βαφές άλλου χρώματος, υπό την προϋπόθεση ότι ο ολικός συντελεστής ανακλαστικότητας είναι μεγαλύτερος του 0,7 και ο συντελεστής εκπομπής μεγαλύτερος ή ίσος του 0,8.

β. Όπου απαιτείται, οι εξωτερικοί χρωματισμοί των κατακόρυφων τμημάτων των κτιρίων πραγματοποιούνται με χρήση ψυχρών έγχρωμων ή λευκών βαφών. Οι έγχρωμες βαφές πρέπει να παρουσιάζουν ανακλαστικότητα χαμηλότερη ή ίση της ανακλαστικότητας του δώματος και πρέπει να φέρουν την ένδειξη «ψυχρές βαφές». Παράλληλα πρέπει να παρουσιάζουν συντελεστή εκπομπής τουλάχιστον ίσο, ή μεγαλύτερο, από 0,8. Οι βαφές πρέπει να είναι πιστοποιημένες ως προς τα οπτικά τους χαρακτηριστικά από εγκεκριμένα εργαστήρια.» (ΦΕΚ, Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα, 2008).

Πρόκειται για μια κανονιστική πράξη που αφορά μόνον στα δημόσια κτίρια, στενού και ευρύτερου τομέα, αναφέρεται ρητά στις ψυχρές βαφές, πλην όμως δεν δίδεται κανένας ορισμός της έννοιάς τους ούτε τίθενται όροι εφαρμογής τους.

2) Υπουργική Απόφαση Δ11γ/Ο/11/5/2014 ΦΕΚ Β1913 20140715 (υπουργού υποδομών, μεταφορών και δικτύων) με τίτλο : «Έργα οικοδομικά κτιριακά»

Πρόκειται για διόρθωση τιμολογίων οικοδομικών έργων (θερμομόνωση κτιριακού κελύφους) και περιγράφονται οι προδιαγραφές των ψυχρών υλικών και δίνονται οδηγίες για την εφαρμογή τους.

Τα ψυχρά υλικά υψηλής ανακλαστικότητας, πρέπει να συνοδεύονται από εκθέσεις εργαστηριακών δοκιμών μέτρησης της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (Solar Reflectance, SR), (με βάση τα Πρότυπα ASTM E 903/ASTM G159) και του συντελεστή εκπομπής στο υπέρυθρο (με βάση τα Πρότυπα ASTM E408/ASTM C1371) (ΦΕΚ, Δ11γ/Ο/11/5/27-6-2014 (Φ.Ε.Κ. 1913/Β'/15-7-2014) «Διορθωτικές Επεμβάσεις στα Τιμολόγια Οικοδομικών Έργων», 2014).

Πρόκειται για μια ακόμη κανονιστική πράξη διαδικαστικού χαρακτήρα που περιορίζεται σε εκθέσεις εργαστηριακών δοκιμών μέτρησης της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία και μόνον χωρίς την παραμικρή αναφορά στα ζητήματα της επικινδυνότητας των υλικών αυτών.

3) Υπουργική Απόφαση Αριθ. Δ10Β1053970/1672ΕΞ2013 ΦΕΚ Β 801 (υπουργού εσωτερικών, υπουργού οικονομικών) με τίτλο : «Απευθείας παραχώρηση, με αντάλλαγμα, του δικαιώματος απλής χρήσης αιγιαλού, παραλίας, όχθης και παρόχθιας ζώνης μεγάλων λιμνών και πλεύσιμων ποταμών, στους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) Α΄ βαθμού».

Στο Παράρτημα περιγράφονται οι Τεχνικές προδιαγραφές κατασκευών - Διαμορφώσεων για απλή χρήση εντός αιγιαλού παραλίας - περιορισμοί - Συστάσεις (ΑΡΘΡΟ 13 ΤΟΥ Ν. 2971/2001)

Συγκεκριμένα προδιαγράφεται θερμοαπωθητικό ψυχρό υλικό για τους διαδρόμους πρόσβασης ως εξής: «Για την κατασκευή τους προτιμάται η χρήση υδατοπερατών και θερμοαπωθητικών ψυχρών υλικών με αντιολισθηρή επιφάνεια».

Και στην περίπτωση αυτή πρόκειται για εντελώς περιγραφική και αποσπασματική αναφορά σε θερμοαπωθητικό ψυχρό υλικό.

4.5 Συμπερασματικές σκέψεις για την υφιστάμενη κατάσταση της εθνικής νομοθεσίας σχετικά με τη χρήση υλικών για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα

Μια γενική παρατήρηση σχετικά με την ενσωμάτωση των Οδηγιών Ε.Ε. στην εθνική νομοθεσία είναι πως σχεδόν πάντοτε αυτή γίνεται με καθυστέρηση, η οποία δε δικαιολογείται πχ λόγω εμπλουτισμού με στοιχεία από το εθνικό κοινωνικοοικονομικό τοπίο ή κάποια παρέμβαση ουσίας από την πλευρά του νομοθέτη. Προς το παρόν δηλαδή η σχέση μεταξύ νομοθεσίας Ε.Ε. και εθνικής νομοθεσίας είναι κάθε άλλο παρά διαδραστική.

Με βάση τις υπουργικές αποφάσεις που αναφέρονται έστω και ακροθιγώς σε κάποια υλικά πχ ψυχρά υλικά, συχνά έχουν καταστρωθεί από διαφορετικά

υπουργεία και εμφανίζονται άναρχα στο ελληνικό νομοθετικό τοπίο, χωρίς να φαίνεται πως κάποιο από όλα τα υπουργεία έχει την κεντρική ευθύνη για το συντονισμό θεμάτων που σχετίζονται πχ με καινοτόμα υλικά ή με υλικά που εφαρμόζονται στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας.

Επιπλέον, δε νοείται να έχει θεσπιστεί η νανοτεχνολογία ως από τις βασικές τεχνολογίες ευρείας εφαρμογής και ταυτόχρονα να μην υπάρχει ειδική μνεία στα προϊόντα νανοτεχνολογίας σε μια παράγραφο στις Οδηγίες περί μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας που επίσης αποτελεί προτεραιότητα στην Ε.Ε.. Δηλαδή, προς το παρόν φαίνεται πως δεν έχει επιτευχθεί σε επίπεδο Ε.Ε. και πολύ περισσότερο σε επίπεδο εθνικό η δημιουργία ενός ενιαίου σχεδίου δράσης περισσότερο «υποχρεωτικού» χαρακτήρα. Ένα ενιαίο σχέδιο δράσης που να μπορεί, μέσω αλυσιδωτών αντιδράσεων ανά στόχο και ανά επιστημονικό πεδίο να φτάνει σε εθνικό επίπεδο π.χ. σε έναν εθνικό συντονιστικό φορέα μεταξύ των υπουργείων. Σε αυτό το ενιαίο σχέδιο δράσης θα ήταν χρήσιμη και η περιγραφή προκαθορισμένης μεθοδολογίας, στην οποία να μπορεί να βασιστεί ο εθνικός νομοθέτης προσθέτοντας όμως τα τοπικά στοιχεία, όπου και εάν χρειάζεται. Αυτό προς το παρόν παραμένει στη σφαίρα του ιδεατού και απέχει πολύ από την πραγματικότητα.

Όσον αφορά τον άμεσης εφαρμογής κανονισμό REACH και CLP και τα νανοϋλικά με εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας, τα περισσότερα από αυτά δεν ταξινομούνται ποτέ λόγω χαμηλής ποσότητας και οι παραγωγοί (ειδικά στην Ελλάδα) προσπαθούν να μην να εκμεταλευτούν εμπορικά τον ισχυρισμό «προϊόν νανοτεχνολογίας», κάνοντας όμως ταυτόχρονα ό,τι είναι δυνατόν για να αποφύγουν την καταχώρηση των νανο –συστατικών του. Αυτό να μην είναι κατανοητό σε εθνικό επίπεδο, διότι απαλλάσσει τους παραγωγούς από μια επιπλέον επιβάρυνση στο κόστος, ίσως και από την ανησυχία να αποκαλύψουν στοιχεία για τη σύσταση των προϊόντων στον ανταγωνισμό, από την άλλη όμως, δε συμβάλλει στην προώθηση των υλικών αυτών στην αγορά και σίγουρα δεν προφυλάσσει το κοινό. Κατά συνέπεια οι εμπλεκόμενοι φορείς (πχ κατασκευαστές κτιρίων, αρχιτέκτονες, πολίτες) αντιμετωπίζουν με δυσπιστία ή και ανησυχία προϊόντα που είναι καινοτόμα, που δεν έχουν δοκιμαστεί στην

πράξη επί δεκαετίες και που ενδέχεται να εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία και το περιβάλλον.

Τα νανοϋλικά» αποτελούν χημικές ουσίες, που οφείλουν τις καινοφανείς ιδιότητές τους, στη χημική τους σύσταση, στις μορφολογικές τους ιδιότητες, στις ιδιότητες της επιφάνειας κλπ. Οποιαδήποτε αλλαγή στις φυσικοχημικές ιδιότητες μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στις χημικές τους ιδιότητες και κατά συνέπεια στην τοξικότητα, τοξικοκινητική ή στο πώς συμπεριφέρονται όταν αποδεδειγτούν στο περιβάλλον. Ως προς την τοξική δράση των νανοϋλικών οι γνώμες δίστανται, άρα υπάρχει επιστημονική αβεβαιότητα και άγνοια των τρόπων με τους οποίους τα νανοϋλικά αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται αρχικά ή μεταναστεύουν.

Άρα εξ ορισμού πρέπει να γίνεται επίκληση της Αρχής της Προφύλαξης, όσο δυσχερές μπορεί να αποδειχθεί αυτό για την πορεία των εμπορικών δραστηριοτήτων στην Ε.Ε..

Από την πλευρά του κανονιστικού πλαισίου, ο κανονισμός REACH βασίζεται στην Αρχή της Προφύλαξης και αφορά τη χημική σύσταση ουσιών ή προϊόντων, άρα θα πρέπει να αναπροσαρμοστεί ή να δημιουργήσει ένα εντελώς νέο τμήμα το οποίο να ασχολείται με την ταξινόμηση και καταχώρηση των διαφορετικών μορφών νανοϋλικών.

Είναι σημαντικό να αναθεωρηθούν τα όρια της ποσότητας χημικής ουσίας που υποχρεωτικά καταχωρείται, ώστε να συμπεριληφθούν και τα νανοϋλικά. Επιπρόσθετα κριτήρια μπορούν να υιοθετηθούν ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη καταχώρηση πχ αλλαγή σε φυσικοχημικές ιδιότητες κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: «ΕΞΥΠΝΑ» ΥΛΙΚΑ & ΝΑΝΟΎΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

5.1 Οικοδομική δραστηριότητα στην Ελλάδα

Στα παραπάνω συμπεράσματα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως οι επενδύσεις για την ανέγερση νέων κατοικιών στην Ελλάδα από το 2007 έως το τέλος Ιουνίου 2016 μειώθηκαν κατά 95% και της ιδιωτικής οικοδομικής δραστηριότητας με βάση την επιφάνεια εκτιμάται σε 93% (Ρουσάνογλου Ν., 2016).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, η συνολική πτώση της οικοδομικής δραστηριότητας (αριθμός αδειών) στο σύνολο της χώρας υποχώρησε κατά 63,47% από το 2011 έως το 2014. Σε επίπεδο περιφερειών, η μεγαλύτερη ποσοστιαία πτώση σημειώθηκε στην Αττική, από 10.375 οικοδομικές άδειες στις 2.791 (-73,10%), στα Ιόνια Νησιά (-69,08%) και στη Θεσσαλία (-66,37%). Η περιφέρεια με τη μικρότερη πτώση οικοδομικών αδειών ήταν αυτή του Νοτίου Αιγαίου. Εκεί σημειώθηκε μείωση των οικοδομικών αδειών από τις 2.163 στις 1.163, δηλαδή πτώση ισοδύναμη με -46,23%.

Η δυσμενής εικόνα σχετίζεται με παράγοντες που επηρέασαν αρνητικά τόσο τη ζήτηση, όπως η σημαντική μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος (μείωση 27,5% στο χρονικό διάστημα 2007 έως 2015), η υψηλή ανεργία και η βαριά φορολόγηση της ακίνητης περιουσίας, όσο και την προσφορά, όπως η μείωση των επενδύσεων για την κατασκευή κατοικιών. Πλέον, το αγοραστικό ενδιαφέρον περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στις μεταχειρισμένες κατοικίες μικρότερης επιφάνειας, τάση η οποία αναμένεται να συνεχιστεί (Ρουσάνογλου Ν., 2015).

Η οικοδομική δραστηριότητα υποχώρησε κατά 5,6% το 2016, στον αριθμό των οικοδομικών αδειών, κατά 5,2% στην επιφάνεια και κατά 6,9% στον όγκο, σε σύγκριση με το 2015 (ΕΛΣΤΑΤ).

Κατά την περίοδο δώδεκα μηνών, δηλαδή από τον Νοέμβριο 2015 έως τον Οκτώβριο 2016, το μέγεθος της Συνολικής Οικοδομικής Δραστηριότητας (Ιδιωτικής-Δημόσιας) μετρούμενο με βάση τις εκδοθείσες οικοδομικές άδειες, στο σύνολο της Χώρας, ανήλθε σε 12.516 οικοδομικές άδειες, που αντιστοιχούν σε 2.446,2 χιλιάδες m² επιφάνειας και 11.032,6 χιλιάδες m³ όγκου. Σε σχέση με την αντίστοιχη περίοδο

Νοεμβρίου 2014 - Οκτωβρίου 2015 παρατηρήθηκε μείωση κατά 4,6% στον αριθμό των οικοδομικών αδειών, κατά 10,0 % στην επιφάνεια και κατά 22,1% στον όγκο. Κατά την ίδια χρονική περίοδο, Νοεμβρίου 2015 - Οκτωβρίου 2016, η Ιδιωτική Οικοδομική Δραστηριότητα, εμφανίζει στο σύνολο της Χώρας, μείωση κατά 4,7% στον αριθμό των οικοδομικών αδειών, κατά 2,7% στην επιφάνεια και αύξηση κατά 1,2% στον όγκο, σε σύγκριση με την αντίστοιχη περίοδο Νοεμβρίου 2014 - Οκτωβρίου 2015. Το ποσοστό συμμετοχής της Δημόσιας Οικοδομικής Δραστηριότητας στον συνολικό οικοδομικό όγκο, για την ανωτέρω περίοδο, είναι 4,6% (ΕΛΣΤΑΤ, 2017).

5.2 Η έννοια της «αγοράς»

Ο κατασκευαστικός τομέας μπορεί να χαρακτηριστεί ως τομέας στον οποίο η καινοτομία ως διαδικασία προέρχεται από εξωτερικούς παράγοντες. Οι εταιρείες του τομέα συνήθως δεν ασχολούνται με την επιστημονική έρευνα, οπότε η καινοτομία μπορεί να προέλθει από «προμηθευτές», όπως πχ παραγωγοί υλικών, εξοπλισμού κλπ (Pavitt, 1984).

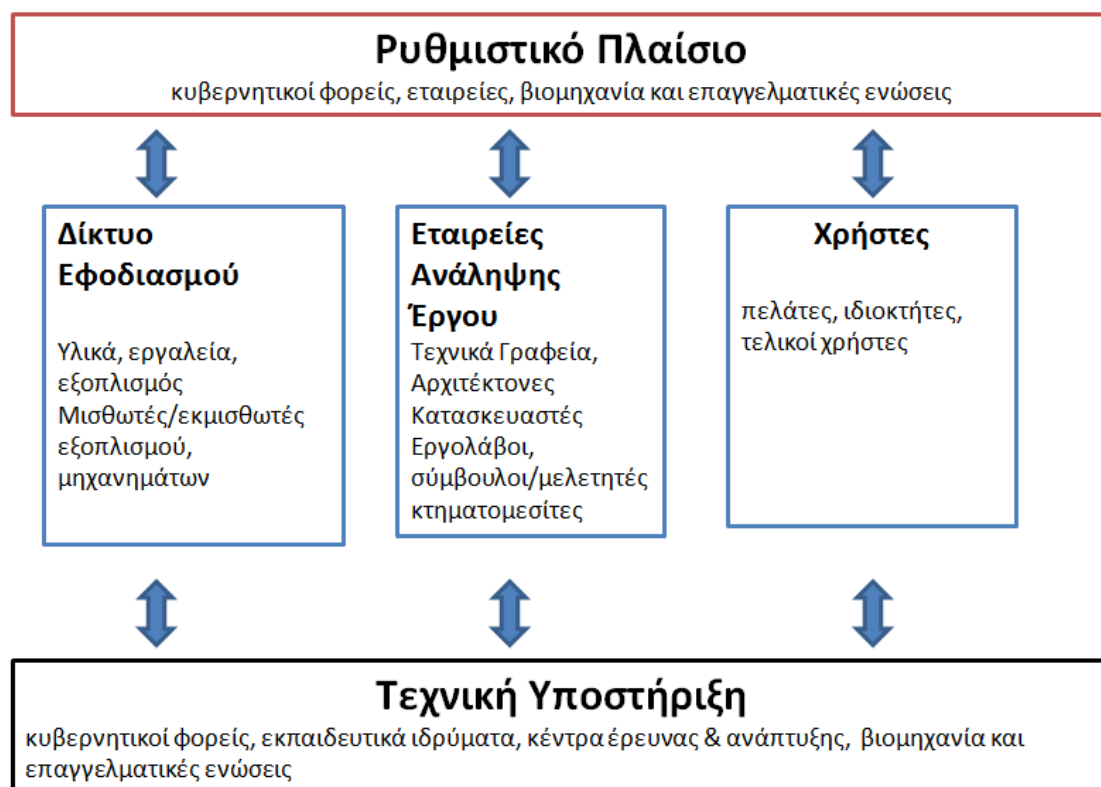
Οι εταιρείες του κλάδου συχνά ειδικεύονται σε υπηρεσίες που δεν παρέχονται στον τόπο κατασκευής πχ αρχιτεκτονικά γραφεία, γραφεία τεχνικά πολιτικών μηχανικών, που παραδίδουν τα σχέδια και τις προδιαγραφές του κτιρίου σύμφωνα με τους ισχύοντες κανόνες δόμησης (Aroga K. et al., 2014). Ο κατασκευαστικός τομέας συνδυάζει παραγωγική διαδικασία με παροχή υπηρεσιών.

Υπάρχει γενικά η αντίληψη πως ο κατασκευαστικός τομέας στερείται καινοτομίας και πως υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτίωσης σε αυτόν. Και βέβαια, όσο αυξάνεται ο βαθμός καινοτομίας, τόσο αυξάνονται οι πιθανότητες να συμβάλλει ο τομέας στην ανάπτυξη της οικονομίας (Blayse & Manley, 2001).

Η καινοτομία στον κατασκευαστικό τομέα μπορεί να πάρει πολλές μορφές πχ σταδιακή (μικρή και βασισμένη σε εμπειρία και γνώση), ριζική (επίτευγμα επιστημονικό ή τεχνολογικό), αρθρωτή (αλλαγή στο σχέδιο ενός δομικού στοιχείου

μόνο), αρχιτεκτονική (αλλαγή σε συνδέσεις με άλλα στοιχεία ή συστήματα) ή σε κάποιο σύστημα (πολλαπλή, ενσωματωμένη καινοτομία).

Στο σχήμα 5.1 αποτυπώνονται οι βασικοί συμμετέχοντες/ «παίκτες» στον κατασκευαστικό τομέα και η ανάγκη δημιουργίας ενεργών δικτύων μεταξύ τους. Ο κατασκευαστικός τομέας θεωρείται ως ένα σύστημα που αποτελείται από το κτίριο και την κατασκευή που είναι κατά ένα μέρος παραγωγική διαδικασία (προμήθειες, εξοπλισμός, υλικά, εξαρτήματα) και κατά ένα μέρος παροχή υπηρεσιών (τεχνική προσέγγιση, σχέδιο, επίβλεψη, συμβουλευτική, ενοικίαση & χρηματοδοτική μίσθωση, διαχείριση). Και ένα οικοδόμημα είναι πάντα πολύ περισσότερα από απλό προϊόν ανάλογα με το είδος πχ εταιρικά γραφεία, νοσοκομείο, οικία, δρόμος κλπ. Αυτό σημαίνει πως η καινοτομία ουσιαστικά συμβαίνει σε ευρύ φάσμα οικονομικών και παραγωγικών πεδίων και τα επηρεάζει ανάλογα (Blayse & Manley, 2003).



Σχήμα 5.1 Εμπλεκόμενα μέρη σε ένα σχέδιο ανέγερσης κτιρίου και κατασκευών
Πηγή : Ιδία επεξεργασία

Η έννοια της «αγοράς» όπως περιγράφεται στο σχήμα 5.1 σκιαγραφεί τη λογική στην οποία σχεδιάστηκε το δείγμα των συμμετεχόντων στην ποιοτική έρευνα για τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά που μεταξύ άλλων τομέων αποτελούν καινοτομία στο χώρο των δομικών υλικών.

5.3 Επισκόπηση των «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών που υπάρχουν στην Ελληνική αγορά δομικών προϊόντων

Τα ψυχρά υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο για το κέλυφος του κτιρίου είναι κυρίως επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια κτλ.

Για το κέλυφος του κτιρίου και ειδικά για δώματα και επικλινείς στέγες, για κάθε τύπο συμβατικού υλικού υπάρχει μια επιλογή αντίστοιχου ψυχρού υλικού. Στον πίνακα 5.1 δίνονται ενδεικτικά κάποια υλικά που χρησιμοποιούνται σε δώματα και οι ιδιότητές τους, καθώς και η επιλογή ψυχρών υλικών (όχι μόνο λευκού χρώματος) που είναι διαθέσιμη.

Πίνακας 5.1 Συμβατικά και ψυχρά υλικά οροφής, όπου SR συντελεστής ανακλαστικότητας και ε συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας

Συμβατική οροφή			Ψυχρή οροφή		
Υλικό	SR	ε	Υλικό	SR	ε
Επικάλυψη <u>ελαστομερούς</u> (μαύρου χρώματος)	0.04-0.05	0.80-0.90	Επικάλυψη <u>ελαστομερούς</u> (λευκού χρώματος)	0.70-0.85	0.80-0.90
Ασφαλτική μεμβράνη με επικάλυψη σκουρόχρωμης ψηφίδας	0.10-0.20	0.80-0.90	Ασφαλτική μεμβράνη με επικάλυψη λευκής ψηφίδας και λευκής επικάλυψης	0.60-0.75	0.80-0.90
Συνθετική μεμβράνη (π.χ. PVC) (μαύρου χρώματος)	0.04-0.05	0.80-0.90	Συνθετική μεμβράνη (π.χ. PVC) (λευκού χρώματος)	0.70-0.78	0.80-0.90
<u>Τσιμεντόπλακα</u> (σκούρας απόχρωσης)	0.05-0.35	0.80-0.90	<u>Τσιμεντόπλακα</u> (με λευκή επικάλυψη)	0.70 -0.80	0.80-0.90
Επικάλυψη αλουμινίου	0.25-0.60	0.20-0.50	Επικάλυψη <u>ελαστομερούς</u> (λευκού χρώματος)	0.70-0.85	0.80-0.90

Πηγή Cool Roofs Compendium, EPA

Επίσης, διατίθενται στο εμπόριο βαφές που εκτός από ανάκλαση και εκπομπή, έχουν και θερμομονωτικές ιδιότητες λόγω σφαιριδίων υάλου ή κεραμικών που λειτουργούν ως πληρωτικό υλικό.

Τα θερμομονωτικά χρώματα μπορεί να :

- αποτελούνται από συνθετική ρητίνη, που υφίσταται σκλήρυνση όταν εκτίθεται σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV cured) και δημιουργεί μια ελαστική θερμομονωτική μεμβράνη αδιαπέραστη από την υγρασία

ή

-να αποτελούνται από νανοσωματίδια υάλου ή κεραμικών στο εσωτερικό των οποίων περιέχεται αέρας. Στην αγορά διατίθενται πλαστικά και ακρυλικά χρώματα που μετατρέπονται σε προϊόντα νανοτεχνολογίας όταν αναμιχθούν με ειδικά πρόσμικτα που μετατρέπουν τη βαφή σε ενεργειακή.

Πολλά από τις θερμομονωτικά, ψυχρά χρώματα που κυκλοφορούν στην αγορά εισάγονται αλλά και αρκετά παράγονται στην Ελλάδα. Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια από αυτά στον πίνακα 5.2

Πίνακας 5.2 Ψυχρές Βαφές, Θερμομονωτικές που διατίθενται στην Ελληνική αγορά

Προϊόν	Εταιρεία	Εφαρμογή	Χαρακτηριστικά προϊόντος	Πιστοποίηση
MONOSTOP THERMO	Berling	Εξωτερική τοιχοποιία Μόνωση & βάψιμο	Ψυχρή βαφή Θερμομονωτικό Υγρομονωτικό	Εθνικό& Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Neorooft	Neotex	Ταράτσα	Ψυχρή Βαφή Θερμομονωτικό Στεγανωτικό	Εθνικό& Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών ΚΑΠΕ
Neotherm AC	Neotex	Εσωτερική τοιχοποιία	Θερμομονωτικό Αντισυμπυκνωτικό	

Viveroof	Βιβεχρώμ	Ταράτσα	Ψυχρή Βαφή Στεγανωτικό	Εθνικό& Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Vivecryn thermoelastic	Βιβεχρώμ	Εξωτερική τοιχοποιία	Ψυχρή Βαφή Θερμομονωτικό Στεγανωτικό	Εθνικό& Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Smaltoplast Thermo	Βεχρώ	Εξωτερική τοιχοποιία	Ψυχρή Βαφή Θερμομονωτικό Στεγανωτικό	ΚΑΠΕ
Surfapaint thermodry Προϊόν νανοτεχνολογίας	Nanophos	Ταράτσα Εξωτερική & εσωτερική τοιχοποιία	Ψυχρή Βαφή Θερμομονωτικό Αδιάβροχο	European Cool Roofs Council (ECRC)
Amphibolin Προϊόν νανοτεχνολογίας Με σήμανση Nanoprotect	Caparol Γερμανίας	Εξωτερική τοιχοποιία	Ψυχρή Βαφή Φωτοκαταλυτική δράση	Fraunhofer IBP
MONOSTOP THERMO	Berling	Εξωτερική τοιχοποιία Μόνωση & βάψιμο	Ψυχρή βαφή Θερμομονωτικό Υγρομονωτικό	Εθνικό& Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Από άποψη τιμής οι ενεργειακές βαφές σε σχέση με τις συμβατικές τιμές έχουν μια διαφορά που μπορεί να κυμαίνεται από 20% έως 40% περίπου. Η εταιρεία που κατέχει την ηγετική θέση στην Ελληνική αγορά σύμφωνα με τους ερωτώμενους είναι η Βιβεχρώμ, η οποία ανήκει από το 1990 στην Akzo- Nobel.

Οι αμιγώς Ελληνικές εταιρείες παρά τη δυσχερή οικονομική συγκυρία φαίνεται πως ακολουθούν τις τάσεις της διεθνούς αγοράς και αναπτύσσουν καινοτόμα προϊόντα νανοτεχνολογίας, προκειμένου να είναι ανταγωνιστικοί και εκτός Ελλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ :ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ & ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ

6.1 Εισαγωγή

Η πορεία της διαδικασίας υιοθέτησης νέων προϊόντων από έναν καταναλωτή (Kotler, 2000), αποτελείται από πέντε στάδια:

- (1) γνώση (ο καταναλωτής ακούει για την καινοτομία, αλλά δεν έχει πληροφορίες)
- (2) ενδιαφέρον (ο καταναλωτής αναζητά πληροφορίες για την καινοτομία)
- (3) προβληματισμός/εκτίμηση (ο καταναλωτής σκέφτεται αν θα δοκιμάσει την καινοτομία)
- (4) δοκιμή (ο καταναλωτής αποφασίζει να δοκιμάσει την καινοτομία ώστε να κάνει εκτίμηση της αξίας της)
- (5) υιοθέτηση (ο καταναλωτής αποφασίζει να κάνει πλήρη και τακτική χρήση της καινοτομίας)

Το στάδιο 3 του προβληματισμού/ αξιολόγησης (Lawson, et al., 1996) μπορεί να χωριστεί σε: στάση/συμπεριφορά (“attitude”) – τοποθέτηση προϊόντος σε διακριτή θέση στο μυαλό του καταναλωτή ως προς την αξία του – και νομιμοποίηση (“legitimation”) – όταν ο καταναλωτής αποφασίζει πως αξίζει να δοκιμάσει το προϊόν-. Η διάκριση αυτή γίνεται για να επισημάνει το σημείο στο οποίο η διαδικασία υιοθέτησης ενός συγκεκριμένου προϊόντος οδηγεί σε αποδοχή του ή όχι από τον καταναλωτή.

Η μεθοδολογία βασίζεται στο πλαίσιο σχετικά με την αλυσίδα καινοτομίας + (“innovation chain +” framework) (Arora et al., 2014; Foley & Wiek, 2013; Robinson, et al., 2013) και το αλυσιδωτό μοντέλο καινοτομίας (chain-linked model) (Kline, 1986). Σύμφωνα με το αλυσιδωτό μοντέλο καινοτομίας, στο ένα άκρο της αλυσίδας βρίσκονται οι θεσμικοί παράγοντες (εξωγενείς) που συντονίζουν και ελέγχουν την τεχνολογία (πχ δημόσια πολιτική ή κατασκευαστικά πρότυπα). Στο άλλο άκρο της αλυσίδας βρίσκονται οι οργανισμοί τεχνολογικής ανάπτυξης (πχ χορηγοί ερευνητικών προγραμμάτων, κέντρα Έρευνας & Τεχνολογίας, βιομηχανικοί

σύνδεσμοι) που συντονίζουν και προωθούν την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Οι δυνάμεις αυτές, μπορούν είτε να περιορίσουν είτε να προάγουν την καινοτομία.

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στη διερεύνηση της δυναμικής της αγοράς των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών στην Ελλάδα. Η μεθοδολογία της έρευνας συνδυάζει ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις.

Τα ερωτηματολόγια απευθύνονται σε μηχανικούς/μελετητές, κατασκευαστές, παραγωγούς/εισαγωγείς, πωλητές, τεχνίτες και καταναλωτές.

Οι συνεντεύξεις απευθύνονται στοχευμένα σε (αρχιτέκτονες, μηχανικούς/μελετητές, κατασκευαστές κτιρίων, παραγωγούς δομικών υλικών νανοτεχνολογίας, χονδρεμπόρους/εισαγωγείς, λιανεμπόρους), ώστε να εντοπιστεί εάν και σε ποιο βαθμό γνωρίζουν τα νανοϋλικά και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τελικά την προώθηση των υλικών νανοτεχνολογίας στον κατασκευαστικό τομέα.

Το πρώτο μέρος της έρευνας περιλαμβάνει την κατάρτιση και επεξεργασία ερωτηματολογίου που αποσκοπεί στην εκτίμηση του επιπέδου «γνώσης» των ερωτώμενων σχετικά με τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Επίσης εντοπίζονται οι πιθανές πηγές πληροφόρησης των ερωτώμενων και παρουσιάζονται κάποια υποθετικά σενάρια υλικών (εξοικονόμησης ενέργειας, διάρκειας ζωής και απόσβεσης) με στόχο την εκτίμηση πρόθεσης αγοράς.

Το δεύτερο μέρος αναφέρεται σε ημιδομημένες συνεντεύξεις (τηλεφωνικές και πρόσωπο- με- πρόσωπο) με μηχανικούς/μελετητές (αρχιτέκτονες, πολιτικούς, μηχανολόγους κλπ), εργολάβους, παραγωγούς/κατασκευαστές «έξυπνων» υλικών & υλικών νανοτεχνολογίας, και λιανεμπόρους.

Οι συνεντεύξεις στοχεύουν στην εξιχνίαση της πορείας που ακολουθούν «καινοτόμα» προϊόντα για χρήση στον κτιριακό τομέα και στην ερμηνεία των τρόπων με τους οποίους η γνώση και η ενημέρωση, τα δίκτυα και οι στρατηγικές διασυνδέσεις (strategic linkages), τα ιδρύματα και οι δυνάμεις της αγοράς κατευθύνουν την καινοτομία στην τεχνολογία και ευνοούν ή εμποδίζουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών.

6.2 Μεθοδολογία έρευνας

6.2.1. Σχεδιασμός ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε για να καλύψει διαφορετικά επίπεδα εμπλοκής των ερωτώμενων γνώση, αξιολόγηση, εφαρμογή και πρόθεση αγοράς «έξυπνων» υλικών/νανοϋλικών (ψυχρές ή ενεργειακές βαφές, «έξυπνα» παράθυρα, προϊόντα νανοτεχνολογίας για αδιαβροχοποίηση ταράτσας κλπ).

Το on line ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας τις φόρμες του Google Docs στον σκληρό δίσκο του Google (Google Drive) [βλέπε παράρτημα]. Η διανομή έγινε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) και ιδιοχείρως.

Αποτελείται από 17 ερωτήσεις (κλειστού τύπου, πολλαπλών επιλογών, διαβαθμισμένης κλίμακας) και 6 ερωτήσεις που αφορούν δημογραφικά στοιχεία και χαρακτηριστικά.

Το δείγμα εξ' αιτίας του τρόπου συλλογής του, δεν μπορεί να θεωρηθεί τυχαίο, αλλά είναι, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, ένα δείγμα ευκολίας συμβατικό (convenience sampling) ((Θεοφανίδης, 2015), (Babbie, 2011) , (Χαλικιάς, 2016)).

Κυριότερες αιτίες για το μη τυχαίο του δείγματος είναι: i) χρόνος συλλογής: συνήθως περιορισμένος για τη συγγραφή μιας Διπλωματικής εργασίας ii) κόστος: αρκετά υψηλό για μια τυχαία δειγματοληψία και ιδιαίτερα για το συγκεκριμένο αντικείμενο και τον πληθυσμό του ενδιαφέροντος μας iii) δυσκολία ορισμού επακριβώς του πληθυσμού της έρευνας (Ελληνική Αγορά -- μηχανικούς/μελετητές, κατασκευαστές, παραγωγούς/εισαγωγείς, πωλητές, τεχνίτες και καταναλωτές) κ.λ.π.

Τα δείγματα ευκολίας χρησιμοποιούνται συχνά στο διερευνητικό μοντέλο έρευνας (exporatory research) που αποσκοπεί στον εντοπισμό γενικών πληροφοριών σχετικά με το θέμα. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η ευελιξία τους και συχνά αποτελούν το πρώτο βήμα ενός ερευνητικού σχεδίου (Πανηγυράκης, 2008). Τα δείγματα ευκολίας «γεννούν» ίσως μεγάλα σφάλματα δειγματοληψίας στα συμπεράσματα μια έρευνας. Για το λόγο αυτό δεν συνίσταται η γενίκευση των συμπερασμάτων της έρευνας από το δείγμα στον εκάστοτε πληθυσμό. Είναι για έρευνες πιλοτικές και αποκτά κάποιος μια πρώτη γνώση/ένδειξη για πτυχές της έρευνας. Για «ασφαλή» συμπεράσματα στο θέμα μας («έξυπνα» υλικά) θα πρέπει λοιπόν να γίνει μια από

εκτενής έρευνα και προσπάθεια συλλογής των αποτελεσμάτων με την βοήθεια μιάς απλής ή στρωματοποιημένης δειγματοληψίας (στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό) .

Αξιίζει επίσης να σημειωθεί πως δεν υπάρχουν στοιχεία από άλλη έρευνα αγοράς σχετικά με τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά στην Ελλάδα. Τα λιγοστά στοιχεία που υπάρχουν στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία προέρχονται από χώρες που διαθέτουν μεγάλη παραγωγική δυναμικότητα.

Στην εισαγωγή του ερωτηματολογίου εξηγείται η ανάγκη για εξοικονόμηση ύλης και ενέργειας στα κτίρια και πώς αυτή η ανάγκη οδήγησε στην ανάπτυξη των «έξυπνων» υλικών.

Στη συνέχεια διατυπώνονται δύο ερωτήσεις κλειστού τύπου :

-Σας έχει απασχολήσει ποτέ το πώς μπορείτε να εξοικονομήσετε ενέργεια στα κτίρια που ζείτε ή εργάζεστε;

-Πριν δείτε το ερωτηματολόγιο γνωρίζατε τον όρο «έξυπνα» υλικά;

Σε περίπτωση που ο ερωτώμενος έδινε καταφατική απάντηση, μπορούσε να επιλέξει την ή τις απαντήσεις ανάμεσα στις εξής επιλογές: διαδίκτυο, τηλεόραση/ραδιόφωνο, εφημερίδες, Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Α.Ε.Ι, Τ.Ε.Ι), εμπορική έκθεση, άλλο.

Στη συνέχεια ακολουθούν κλειστές ερωτήσεις σχετικές με το επίπεδο γνώσεων των ερωτώμενων γύρω από τις ψυχρές ή ενεργειακές βαφές, τα «έξυπνα» παράθυρα, τα προϊόντα να νοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για αδιαβροχοποίηση ταράτσας, πλευρικών τοίχων κλπ. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν διχοτομικές, δηλαδή ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει με Ναι ή Όχι. Ο ερωτώμενος προτρέπεται να αναφέρει πραγματικές περιπτώσεις εφαρμογής ή συγκεκριμένα είδη που γνωρίζει. Οι ερωτήσεις αυτές διατυπώθηκαν ως εξής:

-Έχετε χρησιμοποιήσει/εγκαταστήσει «έξυπνα υλικά με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας;

Εάν ναι, παρακαλώ αναφέρετε το είδος του υλικού και το είδος του κτιρίου (βιομηχανικό, εμπορικό, πολυκατοικία, διαμέρισμα, μονοκατοικία κλπ;

-Έχετε ακούσει τις λεγόμενες «ψυχρές ή ενεργειακές βαφές»;

Εάν ναι, γνωρίζετε κάποιο κτίριο (ιδιωτικό ή δημόσιο) στην περιοχή σας στο οποίο έχουν χρησιμοποιηθεί ψυχρές βαφές;

-Έχετε ακούσει για τα λεγόμενα «έξυπνα παράθυρα»;

Εάν ναι, ποια από τις παρακάτω κατηγορίες γνωρίζετε; Ηλεκτροχημικά, Φωτοχρωμικά, Θερμοχρωμικά,, Άλλο

-Έχετε ακούσει για τα προϊόντα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για αδιαβροχοποίηση ταράτσας, πλευρικών τοίχων κλπ

Η παραπάνω ερώτηση οριοθετεί και το τέλος του πρώτου μέρους του ερωτηματολογίου και ακολουθεί το δεύτερο μέρος στο οποίο ο ερωτώμενος καλείται να αξιολογήσει παράγοντες λόγω των οποίων ενδεχομένως η χρήση των «έξυπνων υλικών» στον κατασκευαστικό τομέα είναι περιορισμένη με πεντάβαθμη κλίμακα Likert (από 1-καθόλου σημαντικό έως 5- πάρα πολύ σημαντικό), να αξιολογήσει κάποια σενάρια πιθανής αγοράς «έξυπνων» υλικών και να απαντήσει σχετικά με το αν υπάρχουν ανησυχίες για την υγεία του ανθρώπου λόγω της χρήσης νανοϋλικών στα κτίρια.

Οι ερωτήσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

-Τι νομίζετε πως φταίει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κτιριακό τομέα; Ελλιπής ενημέρωση πιθανών αγοραστών, ελλιπής ενημέρωση πωλητών, υψηλότερο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά, λανθασμένη τοποθέτηση/εγκατάσταση, έλλειψη κινήτρων (φορολογικές ελαφρύνσεις/απαλλαγές, κρατικές επιδοτήσεις κλπ) Η αξιολόγηση των κριτηρίων γίνεται με την παρακάτω κλίμακα: 1-καθόλου σημαντικό, 2-λίγο σημαντικό, 3-μέτρια σημαντικό, 4-πολύ σημαντικό, 5- πάρα πολύ σημαντικό.

Η πρόθεση αγοράς των ερωτώμενων ελέγχεται με βάση τα παρακάτω σενάρια

-Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση «έξυπνων» υλικών σε ένα κτίριο η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 30%, η μέση διάρκεια ζωής τους 20 έτη, ενώ το επιπλέον κόστος είναι 105, θα τα επιλέγατε; Ναι, Όχι , Δεν ξέρω /Δεν απαντώ

-Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση «έξυπνων» υλικών σε ένα κτίριο η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 30% και η μέση διάρκεια ζωής τους 20 έτη, πόσο παραπάνω θα

ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για να τα αγοράσετε; 0%, 5%-10%, 10%-20%, 20%-30%, άνω του 50%, Δεν ξέρω/Δεν απαντώ

-Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση ψυχρής βαφής (υψηλής ανακλαστικότητας) μειώνεται η ενέργεια για ψύξη κατά 20% θα αποφασίζατε να κάνετε την επένδυση με απόσβεση σε 3 έτη; Ναι, Όχι, Δεν ξέρω /Δεν απαντώ

-Πόσες φορές έχετε χρησιμοποιήσει/εγκαταστήσει κάποιο «έξυπνο» υλικό στη δόμηση/ανακαίνιση κτιρίου τους τελευταίους 12 μήνες;

Καμμία, 5-10, 10-20, 20-30, άνω των 50, Δεν ξέρω

-Σκέφτεστε να αγοράσετε/χρησιμοποιήσετε κάποιο «έξυπνο» υλικό τα επόμενα 2 έτη για να αναβαθμίσετε ενεργειακά το χώρο εργασίας σας ή την κατοικία σας;

Ναι, Όχι, Δεν ξέρω /Δεν απαντώ

Και η τελευταία ερώτηση στην οποία ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει εάν έχει ανησυχίες για πιθανές επιπτώσεις των νανοϋλικών στην υγεία μέσω εισπνοής επαφής με το δέρμα κλπ

Ναι, Όχι, Δεν ξέρω /Δεν το έχω σκεφτεί

Το τρίτο και τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου αναφέρεται σε δημογραφικά στοιχεία (φύλο, ηλικιακή ομάδα, επαγγελματική κατάσταση, επίπεδο εκπαίδευσης και κατηγορία πχ τεχνίτης, κατασκευαστής κτιρίων, μηχανικός/μελετητής, ιδιοκτήτης ακινήτου, παραγωγός/προμηθευτής «έξυπνων» υλικών, Άλλο ;

Η έρευνα εξελίσσεται σε δύο διακριτές χρονικές περιόδους με μεσολάβηση 2 ετών περίπου, διότι τα θέματα που πραγματεύεται είναι καινοφανή, οπότε το ενδιαφέρον μας στρέφεται στη δυναμική της «αγοράς».

Η πρώτη περίοδος αφορά το χρονικό διάστημα από 26/11/2014 μέχρι 9/3/2015, οπότε και εστάλησαν τα ερωτηματολόγια με σκοπό να ληφθούν απαντήσεις από τις παραπάνω κατηγορίες.

Ελήφθησαν 78 απαντήσεις μέσω google drive και 22 απαντήσεις σε έντυπη μορφή (hard copy), συνολικά δηλαδή 100 ερωτηματολόγια.

Το δείγμα αποτελείται από 71 άνδρες και 29 γυναίκες με ποσοστά 71% και 29% αντίστοιχα.

Η δεύτερη περίοδος αφορά το χρονικό διάστημα από 30 Μαρτίου έως 24 Απριλίου 2017 προκειμένου να συγκριθούν τα επικαιροποιημένα στοιχεία με τα αντίστοιχα του 2014-2015. Στη δεύτερη φάση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια σε έντυπη μορφή. Συμμετείχαν 89 άτομα, εκ των οποίων 62 άνδρες και 27 γυναίκες.

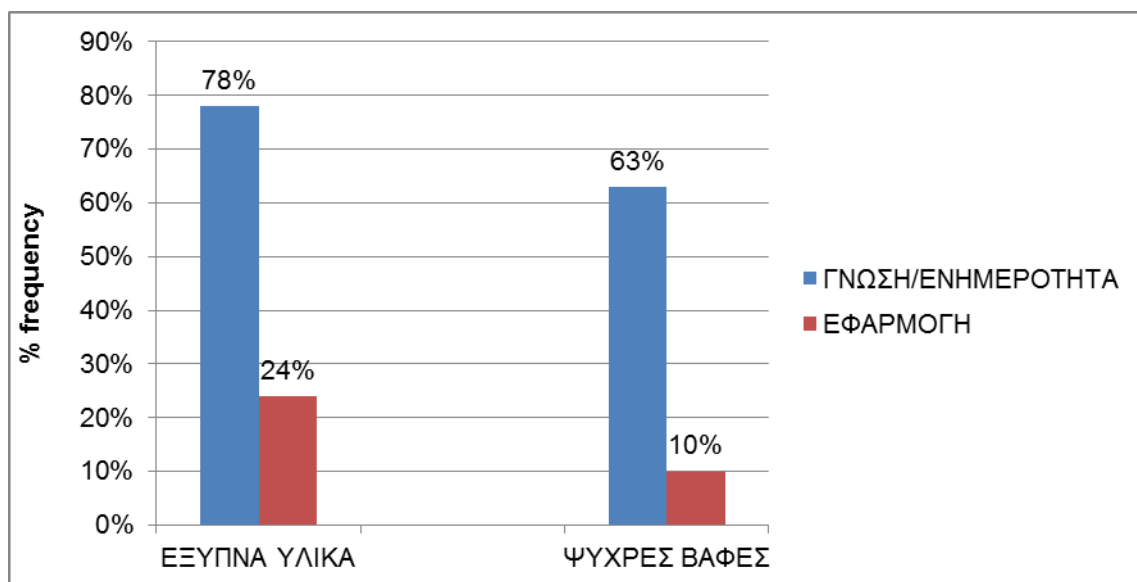
6.2.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων- σύγκριση στοιχείων 2014/15 ως προς 2017

Προχωρώντας στο πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου, η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτώμενων, σε ποσοστό 96% των ερωτώμενων της α' φάσης (2014/15) και περίπου τα $\frac{3}{4}$ των ερωτώμενων της β' φάσης (2017), δηλώνουν πως τους έχει απασχολήσει το πώς μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια στα κτίρια που ζουν ή εργάζονται.

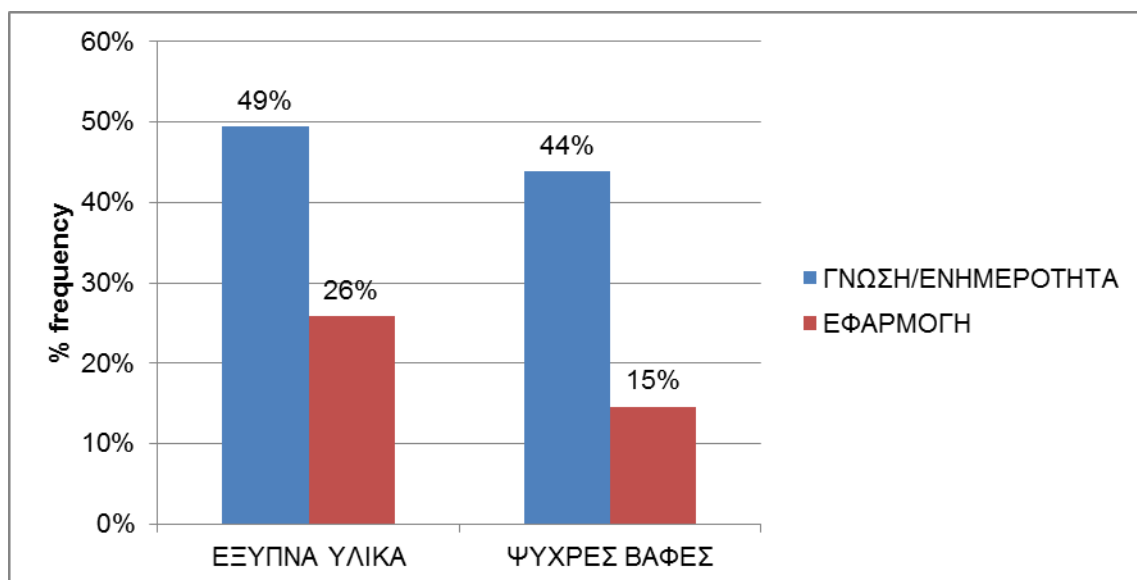
Επίσης το 78% των συμμετεχόντων στην α' φάση δηλώνει πως γνώριζε τον όρο «έξυπνα» υλικά προτού δει το ερωτηματολόγιο και είχε ενημερωθεί κυρίως από το διαδίκτυο, Εκπαιδευτικά ιδρύματα (Α.Ε.Ι, Τ.Ε.Ι) και εμπορικές εκθέσεις. Στη β' φάση (2017) οι μισοί ερωτώμενοι δηλώνουν πως γνώριζαν τον όρο «έξυπνα» υλικά προτού δουν το ερωτηματολόγιο και ως κύρια πηγή ενημέρωσης ανέφεραν το Διαδίκτυο.

Από τους συμμετέχοντες στην α' φάση της έρευνας το 71% δεν έχει χρησιμοποιήσει «έξυπνα» υλικά σε κτίριο για εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ στα πιο πρόσφατα στοιχεία το ποσοστό μειώνεται σε 50%. Είναι φανερό πως αν και τα «έξυπνα» υλικά είναι γνωστά ως όρος, παραμένουν ακόμα σε επίπεδο πληροφορίας και δεν έχουν προχωρήσει σε επίπεδο εφαρμογής για να δοθεί λύση σε συγκεκριμένο πρόβλημα εξοικονόμησης ενέργειας. Δηλαδή ακόμα στον τομέα του επιπέδου γνώσης βρίσκονται σε αρχικό στάδιο. Από τους συμμετέχοντες που απάντησαν καταφατικά μόνον και κλήθηκαν να δώσουν παραδείγματα του υλικού και το είδος κτιρίου, ελάχιστοι ανέφεραν είδος «έξυπνου» υλικού (πχ ψυχρή βαφή, επαλειφώμενα υλικά, βιοκλιματικού τύπου τοιχοποιία, φωτοβολταϊκά), ενώ αναφέρθηκαν και συμβατικά υλικά τα οποία ο ερωτώμενος θεωρούσε πως ανήκαν στην κατηγορία των «έξυπνων» υλικών πχ με απευθείας μεταφορά από τα ερωτηματολόγια – ηλιακός- εξηλασμένη πολυστερίνη- υγρή πολυουρεθάνη, ενεργειακό τζάκι, πισσόχαρτο, κουφώματα αλουμινίου.

Όσον αφορά τις ψυχρές βαφές, -μόνο το 10% από τα άτομα που αποκρίθηκαν θετικά στην ερώτηση περί γνώσης των ψυχρών βαφών (64% των συμμετεχόντων) στην α' φάση γνώριζαν κάποια περίπτωση εφαρμογής τους στην Ελλάδα, ενώ για το 2017 περίπου το 1/3 αντίστοιχα. Στα γραφήματα 6.1 και 6.2 παρουσιάζονται τα στοιχεία του 2014/15 και 2017 αντίστοιχα με τα οποία εκτιμάται το επίπεδο δραστηριοποίησης 1 (γνώση) σε σχέση με το επίπεδο γνώσης 4 (εφαρμογή) για τα «έξυπνα» υλικά και τις ψυχρές βαφές.

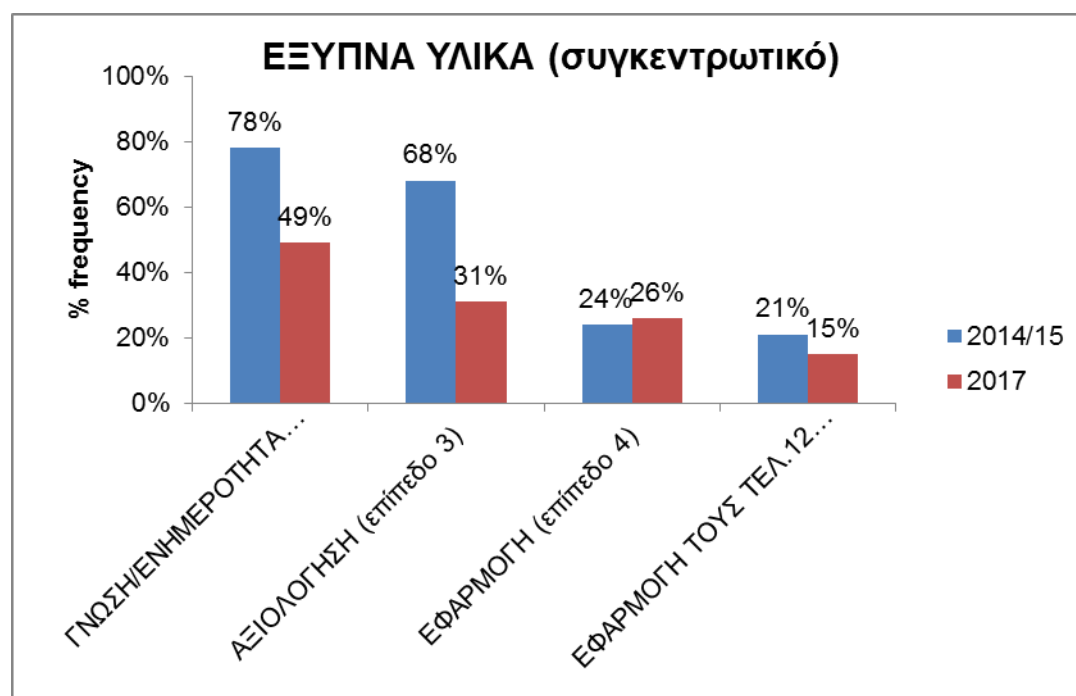


Γράφημα 6.1 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση και επίπεδο 4: εφαρμογή/χρήση) για τα «έξυπνα» υλικά και τις ψυχρές βαφές (2014/2015)



Γράφημα 6.2 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση και επίπεδο 4: εφαρμογή/χρήση) για τα «έξυπνα» υλικά και τις ψυχρές βαφές (2017)

Τα στοιχεία όπως γνώση/ενημερότητα, εκτίμηση, εφαρμογή και εφαρμογή τους τελευταίους 12 μήνες που προκύπτουν από τα ερωτηματολόγια του 2014/15 και του 2017 για τα «έξυπνα» υλικά, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο γράφημα 6.3.

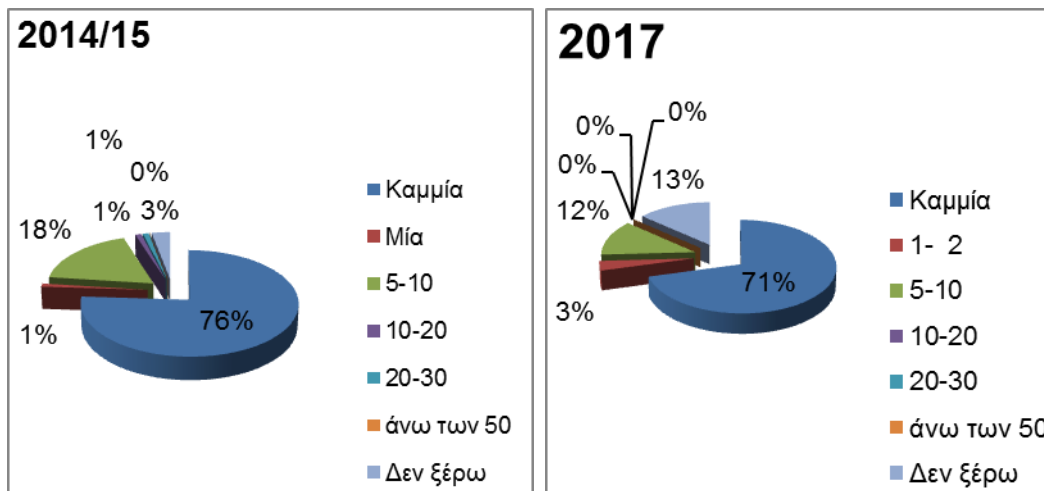


Γράφημα 6.3 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση, επίπεδο 3: Εκτίμηση/Προβληματισμός, επίπεδο 4: Εφαρμογή/χρήση) και εφαρμογή τους τελευταίους 12 μήνες για τα «έξυπνα» υλικά. Σύγκριση στοιχείων 2014/15 με 2017

Περίπου ένας στους πέντε έχει χρησιμοποιήσει κάποιο «έξυπνο» υλικό στη δόμηση ή ανακαίνιση κτιρίου τους τελευταίους 12 μήνες, ένας στους τέσσερεις έχει εγκαταστήσει «έξυπνο» υλικό σε κτίριο για εξοικονόμηση ενέργειας. Η διαφορά μεταξύ γνώσης/αναγνώρισης των «έξυπνων» υλικών και εφαρμογής είναι της τάξης του 4:1 για τα ερωτηματολόγια του 2014/15 και μειώνεται σε 3:1 στα στοιχεία του 2017.

Η περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων της ερώτησης περί εφαρμογής «έξυπνου» υλικού σε κτίριο τους τελευταίους 12 μήνες απεικονίζεται στο γράφημα 6.4

Πόσες φορές έχετε χρησιμοποιήσει/εγκαταστήσει κάποιο "έξυπνο" υλικό στη δόμηση/ανακαίνιση κτιρίου τους τελευταίους 12 μήνες;



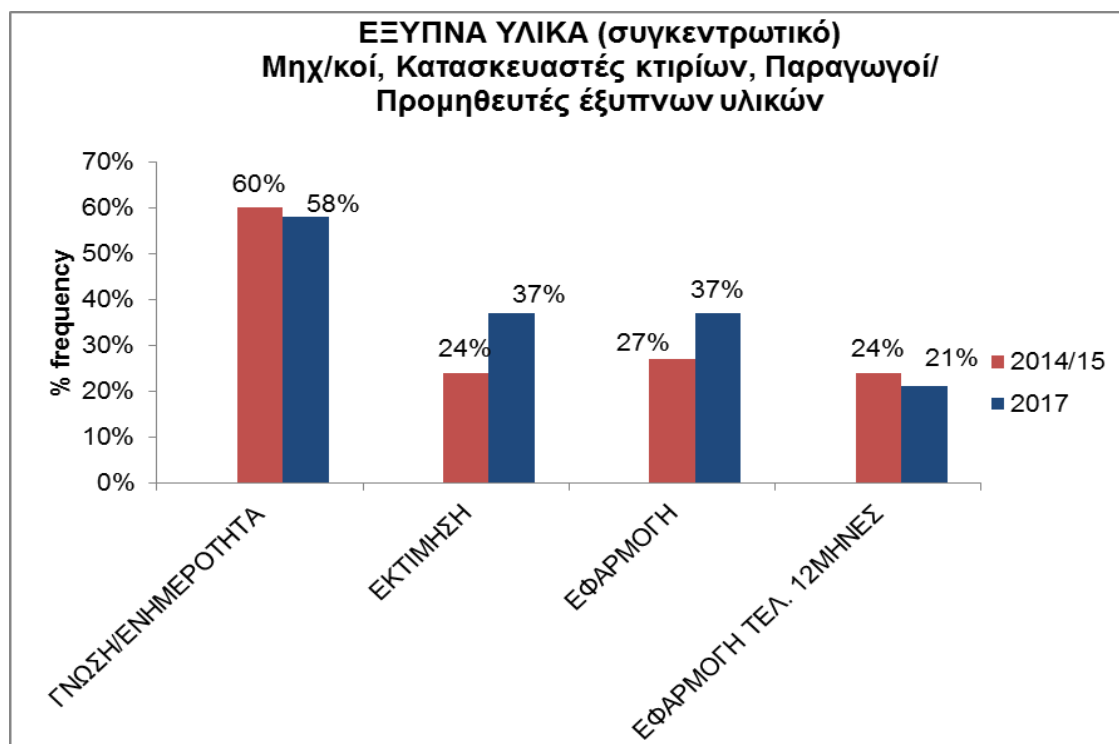
Γράφημα 6.4 Απάντηση στην ερώτηση περί εφαρμογής «έξυπνου» υλικού τους τελευταίους 12 μήνες (2014/15 ως προς 2017)

Όπως φαίνεται στο γράφημα 6.4 περίπου τα τρία τέταρτα των συμμετεχόντων δεν έχουν χρησιμοποιήσει τους τελευταίους 12 μήνες κάποιο «έξυπνο» υλικό στη δόμηση/ ανακαίνιση κτιρίου στα στοιχεία τόσο του 2014/15, όσο και του 2017. Οι συμμετέχοντες που χρησιμοποίησαν κάποιο «έξυπνο» υλικό σε κτίριο από 5 έως 10 φορές στους τελευταίους 12 μήνες είναι λίγο πάνω από το 10% των συμμετεχόντων και όπως φαίνεται από τα δημογραφικά στοιχεία είναι επαγγελματίες (παραγωγοί, κατασκευαστές κλπ).

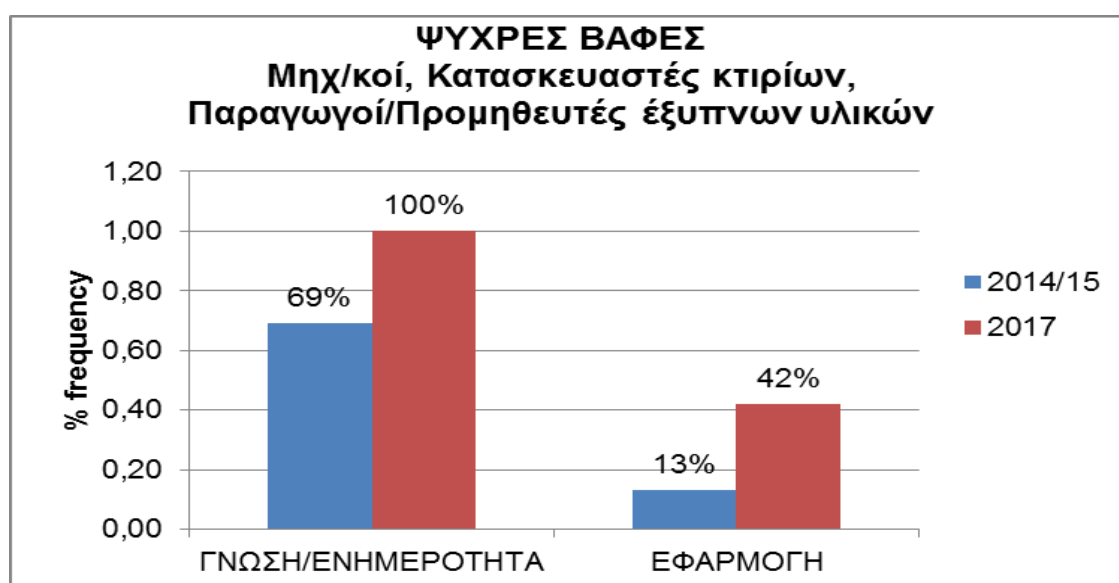
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων του 2014/15 με αυτά του 2017 στην υποκατηγορία που περιλαμβάνει μόνο Μηγ/κούς/Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων (εργολάβος, τεχνική εταιρεία) και Παραγωγούς/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών προκύπτει το γράφημα 6.5, στο οποίο παρουσιάζονται οι διαφορές σε επίπεδο γνώσης/ενημερότητας, αξιολόγησης, εφαρμογής και εφαρμογής τους τελευταίους 12 μήνες για τα «έξυπνα» υλικά.

Φαίνεται λοιπόν, πως στην υποκατηγορία αυτή το 100% έχει σκεφτεί πώς να εξοικονομήσει ενέργεια στα κτίρια, όπως αποτυπώνεται στα αποτελέσματα τόσο του 2014/15 όσο και του 2017. Όσον αφορά τη γνώση των «έξυπνων» υλικών δεν παρατηρείται μεταβολή μεταξύ 2014/15 και 2017, ενώ το επίπεδο εφαρμογής αυξάνεται. Το σημαντικό όμως είναι πως η διαφορά μεταξύ επιπέδου 1 και επιπέδου

4 φαίνεται να μειώνεται σχεδόν στο μισό, δηλαδή αυξάνεται η χρήση των «έξυπνων» υλικών στην προαναφερθείσα υποκατηγορία.



Γράφημα 6.5 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση , επίπεδο 3: Εκτίμηση/Προβληματισμός, επίπεδο 4: Εφαρμογή/χρήση) και εφαρμογή τους τελευταίους 12 μήνες για τα «έξυπνα» υλικά στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών): Σύγκριση στοιχείων 2014/15 με 2017

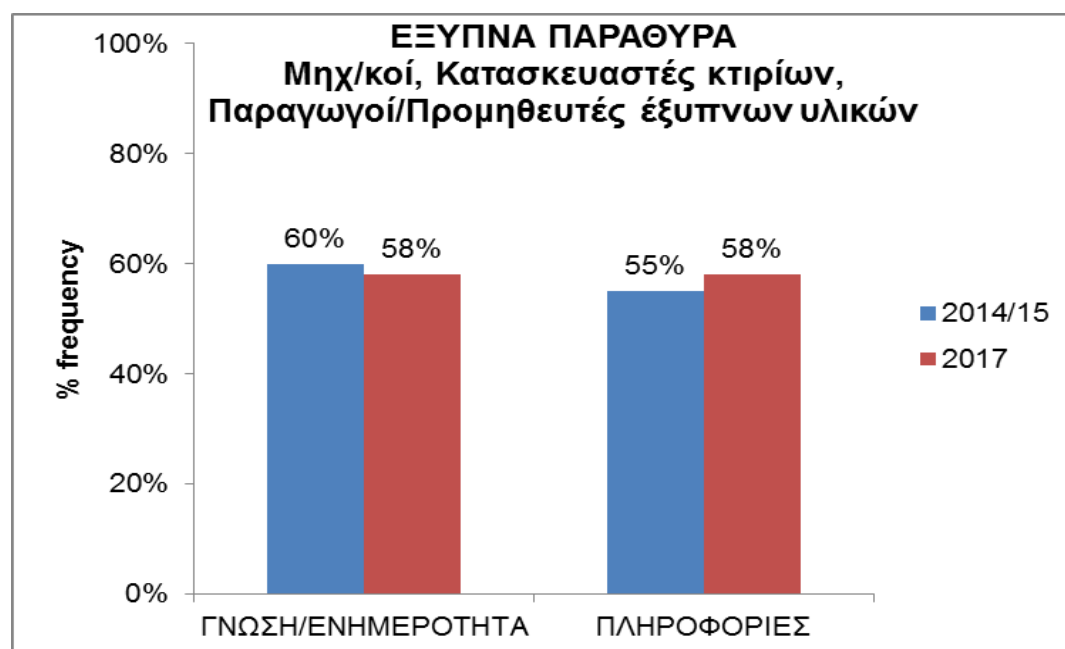


Γράφημα 6.6 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση , επίπεδο 3: Εκτίμηση, επίπεδο 4: Εφαρμογή/χρήση) για τα «έξυπνα» υλικά στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών): Σύγκριση στοιχείων 2014/15 με 2017

Στις ψυχρές βαφές και την υποκατηγορία (Μηχ/κοί, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών), όπως φαίνεται στο γράφημα 6.6, το διάστημα μεταξύ 2014/15 και 2017 λειτούργησε θετικά ως προς την αναγνωρισιμότητα (100% αναγνωρισιμότητα το 2017) & την εφαρμογή των προϊόντων, ενώ δείχνει περίπου να μειώθηκε στο μισό η διαφορά μεταξύ αναγνωρισιμότητας και εφαρμογής.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις που ελήφθησαν περίπου οι μισοί από το σύνολο των συμμετεχόντων στην α' φάση (ποσοστό 55%) γνωρίζουν τα «έξυπνα» παράθυρα, ενώ ήταν σε θέση να επιλέξουν από διάφορες κατηγορίες που υποδείκνυε το ερωτηματολόγιο, αυτά που γνώριζαν (κυρίως φωτοχρωμικά και θερμοχρωμικά). Στη β' φάση της έρευνας (2017) το 1/3 των συμμετεχόντων δήλωσε γνώση των «έξυπνων» παράθυρων.

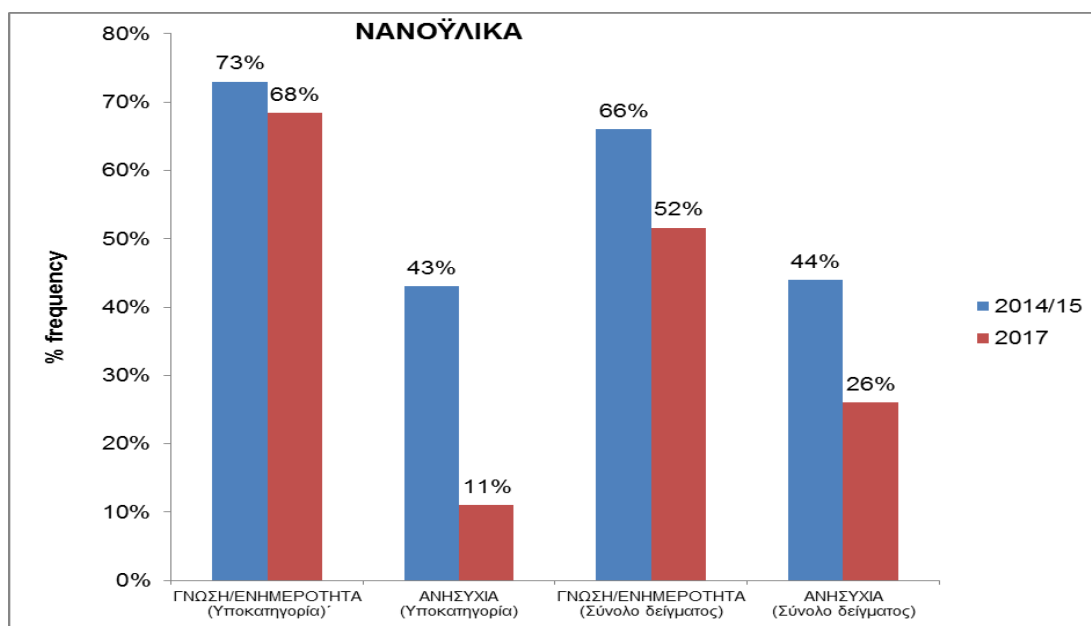
Στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών), το ποσοστό αναγνωρισιμότητας για το 2014/15 και το 2017 είναι ελαφρώς υψηλότερο του συνολικού δείγματος και αγγίζει το 60%, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.7.



Γράφημα 6.7 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση , επίπεδο 3: Εκτίμηση, επίπεδο 4: Εφαρμογή/χρήση) για τα «έξυπνα» παράθυρα στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών): Σύγκριση στοιχείων 2014/15 με 2017

Όσον αφορά τα προϊόντα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, το 66% είχε ακούσει για αυτά τα υλικά (2014/15), ενώ το 2017 περίπου το 1/2 των συμμετεχόντων (γράφημα 6.8) .

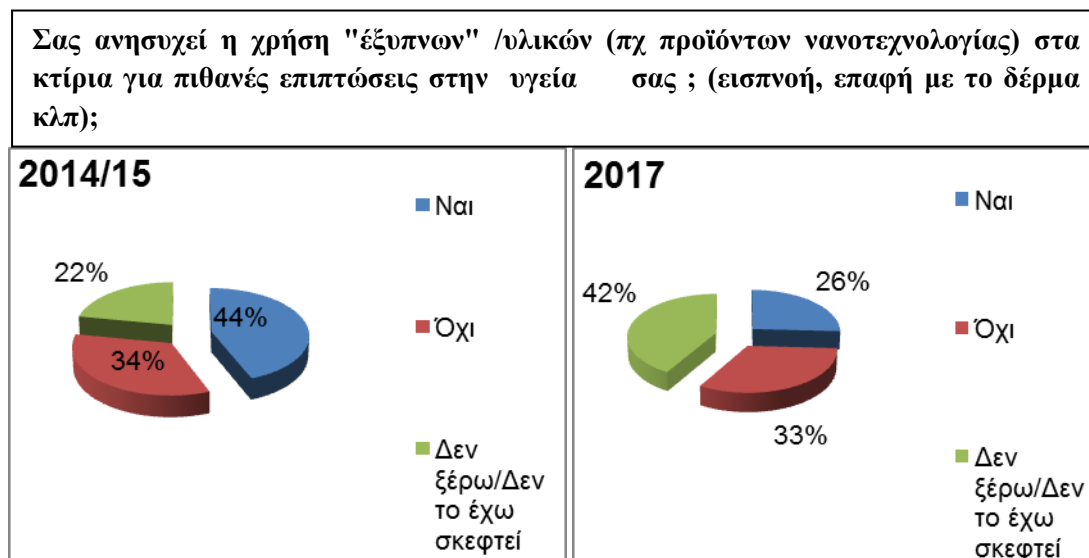
Στην υποκατηγορία που περιλαμβάνει μόνο Μηχ/κούς/Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων (εργολάβος, τεχνική εταιρεία) και Παραγωγούς/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών, το επίπεδο γνώσης (επίπεδο 1) κυμαίνεται στο 73% και 68% για το 2014/15 και το 2017 αντίστοιχα, όπως αποτυπώνεται στο γράφημα 6.8. Ως προς την ανησυχία για την υγεία λόγω της χρήσης νανοϋλικών στα κτίρια για το 2014/15, πάλι φαίνεται πως περίπου το 43% ανησυχεί, το 42% δεν ανησυχεί και το 15% δεν ξέρει/δεν το έχει σκεφτεί. Το 2017, περίπου 12 από τους 19 δεν ανησυχούν, όμως το ποσοστό θα ήταν μικρότερο διότι στην υποκατηγορία το 26% το κατέχουν οι παραγωγοί/προμηθευτές νανοϋλικών.



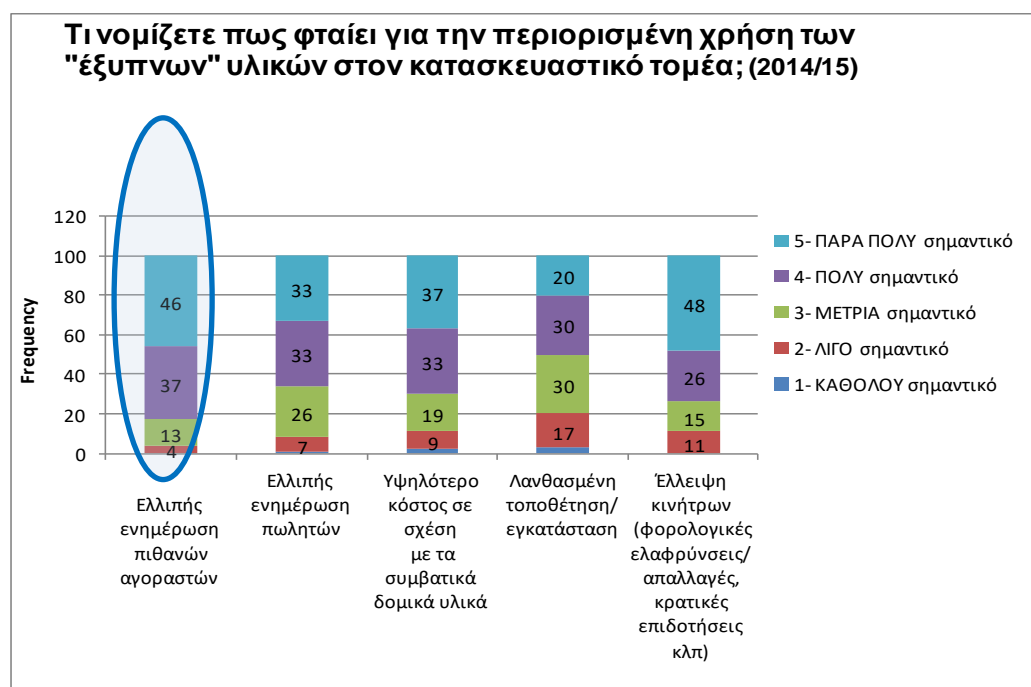
Γράφημα 6.8 Επίπεδα δραστηριοποίησης (επίπεδο 1: Γνώση) και διερεύνηση ανησυχίας για πιθανές επιπτώσεις από τη χρήση νανοϋλικών στα κτίρια στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών) και το σύνολο του δείγματος : Σύγκριση στοιχείων 2014/15 με 2017

Η τελευταία ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην ανησυχία ή όχι των συμμετεχόντων για ενδεχόμενες επιπτώσεις των προϊόντων νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας στην υγεία από εισπνοή, επαφή με το δέρμα κλπ. Το 2014/15 οι έχοντες ανησυχία δεν απέχουν αριθμητικά από τους μη έχοντες ανησυχία, ενώ το ένα πέμπτο περίπου δηλώνει πως δε γνωρίζει/δεν το έχει σκεφτεί. Το 2017 η εικόνα αλλάζει υπό την έννοια, ότι αυτοί που δηλώνουν

πως δεν ξέρουν/δεν το έχουν σκεφτεί είναι περίπου διπλάσιοι σε ποσοστό ως προς τα στοιχεία του 2014-15, όπως φαίνεται στο γράφημα 6.9.



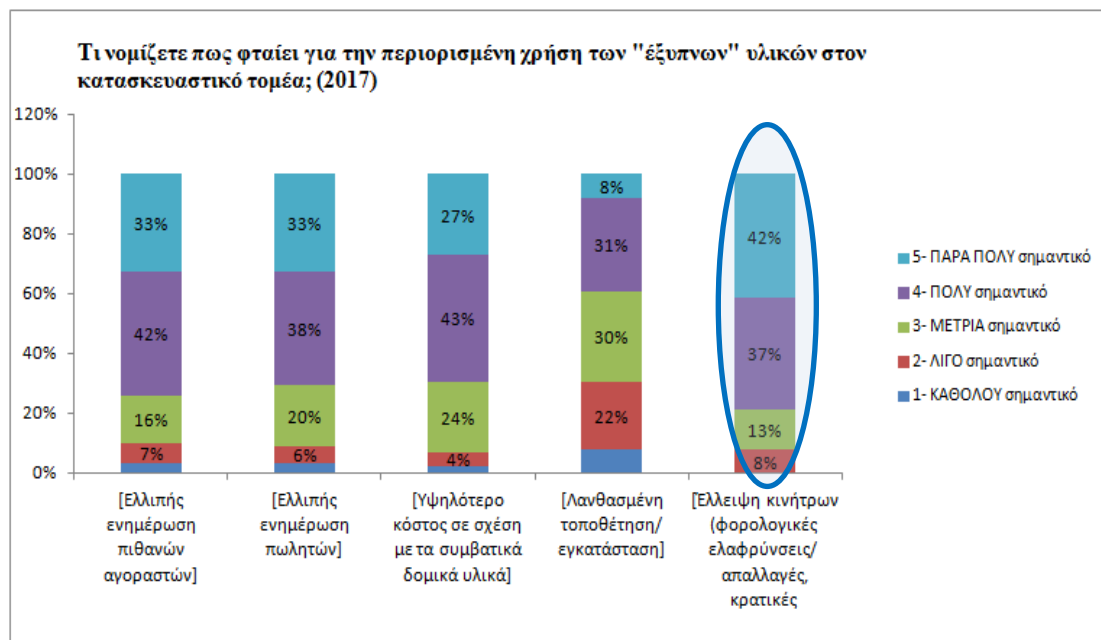
Γράφημα 6.9 Απαντήσεις στην ερώτηση περί ανησυχίας για πιθανές επιπτώσεις των προϊόντων νανοτεχνολογίας στην υγεία (2014/15 ως προς 2017)



Γράφημα 6.10 Απαντήσεις στην ερώτηση: Τι νομίζετε πως φταίει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα; (αξιολόγηση προεπιλεγμένων παραγόντων) (2014/15)

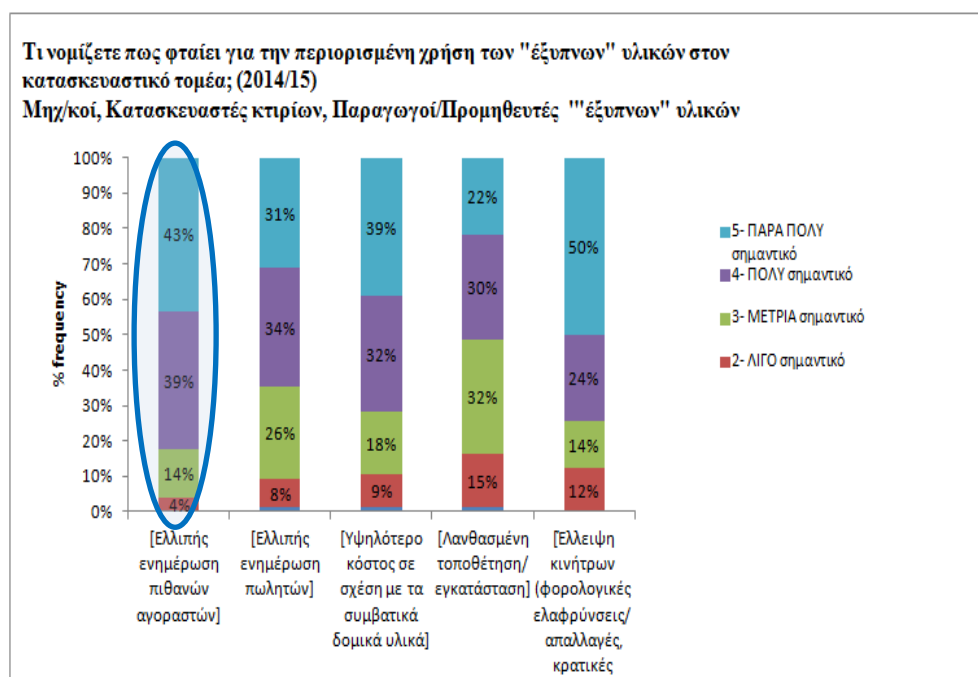
Σύμφωνα με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στην α φάση της έρευνας (2014/15) και όπως αποτυπώνεται στο γράφημα 6.10, η ελλιπής ενημέρωση των ενδεχόμενων

αγοραστών και η έλλειψη παροχής κινήτρων από το κράτος θεωρούνται ως οι πλέον σημαντικοί παράγοντες που εμποδίζουν -τη χρήση καινοτόμων υλικών στον κατασκευαστικό τομέα. Ο τρίτος κατά σειρά αξιολόγησης παράγοντας είναι το υψηλότερο κόστος των «έξυπνων» υλικών ως προς τα συμβατικά υλικά.

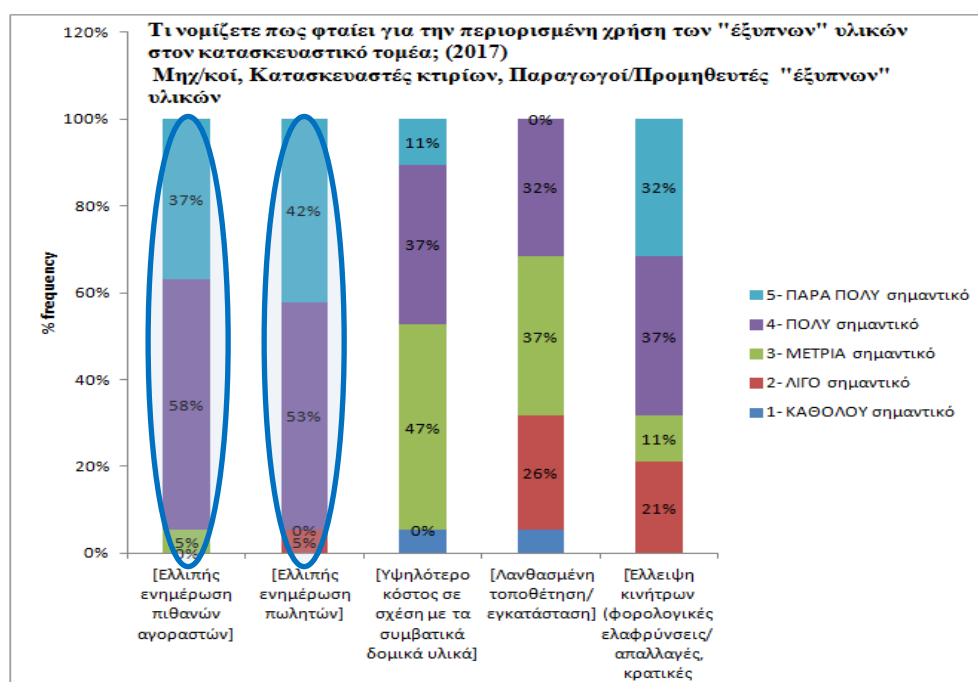


Γράφημα 6.11 Απαντήσεις στην ερώτηση: Τι νομίζετε πως φταίει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα; (αξιολόγηση προεπιλεγμένων παραγόντων) (2017)

Στη β' φάση της έρευνας (2017), όπως φαίνεται στο γράφημα 6.11, ο κυριότερος παράγοντας που ευθύνεται για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα είναι η έλλειψη κινήτρων (φοροελαφρύνσεις κλπ), ενώ ακολουθούν η ελλιπής ενημέρωση των αγοραστών και το «υψηλότερο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά υλικά». Στη τρίτη θέση βρίσκεται ο παράγοντας του υψηλότερου κόστους των «έξυπνων» υλικών σε σχέση με τα συμβατικά.



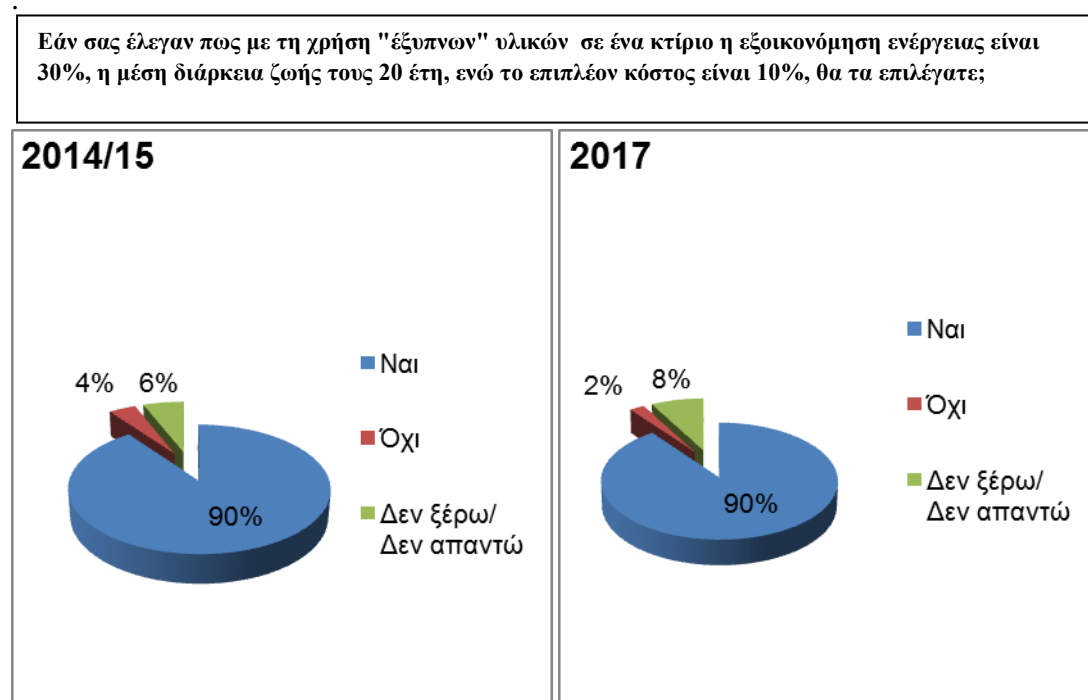
Γράφημα 6.12 Απαντήσεις στην ερώτηση: Τι νομίζετε πως φταίει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα; (αξιολόγηση προεπιλεγμένων παραγόντων στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών) (2014/15)



Γράφημα 6.13 Απαντήσεις στην ερώτηση: Τι νομίζετε πως φταίει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα; (αξιολόγηση προεπιλεγμένων παραγόντων στην υποκατηγορία (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών) (2017)

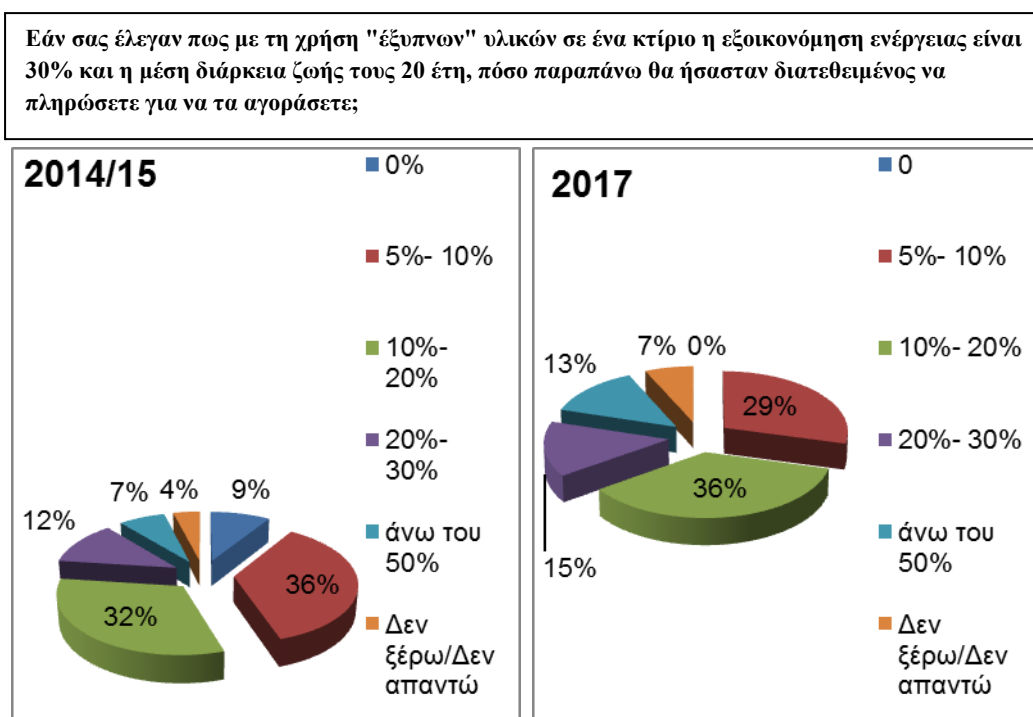
Στα γραφήματα 6.12 και 6.13 γίνεται σύγκριση των απόψεων της υποκατηγορίας (Μηχ/κοί Μελετητές, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών) σχετικά με τους παράγοντες που φταίνε για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών μεταξύ στοιχείων 2014/15 και 2017. Ως κύριος παράγοντας αξιολογείται η ελλιπής ενημέρωση των πιθανών αγοραστών, ενώ το 2017 προστίθεται και η ελλιπής γνώση των πωλητών.

Στα γραφήματα 6.14, 6.15, 6.16 εμφανίζονται οι απαντήσεις (2014/15 και 2017) σε τρία σενάρια με στόχο να διερευνηθεί η πρόθεση αγοράς καινοτόμων υλικών με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, δίνοντας στους συμμετέχοντες συγκεκριμένα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας και διάρκεια ζωής προϊόντων ή χρόνο απόσβεσης επένδυσης.



Γράφημα 6.14 Απαντήσεις σε σενάριο 1 /3 (2014/15 ως προς 2017)

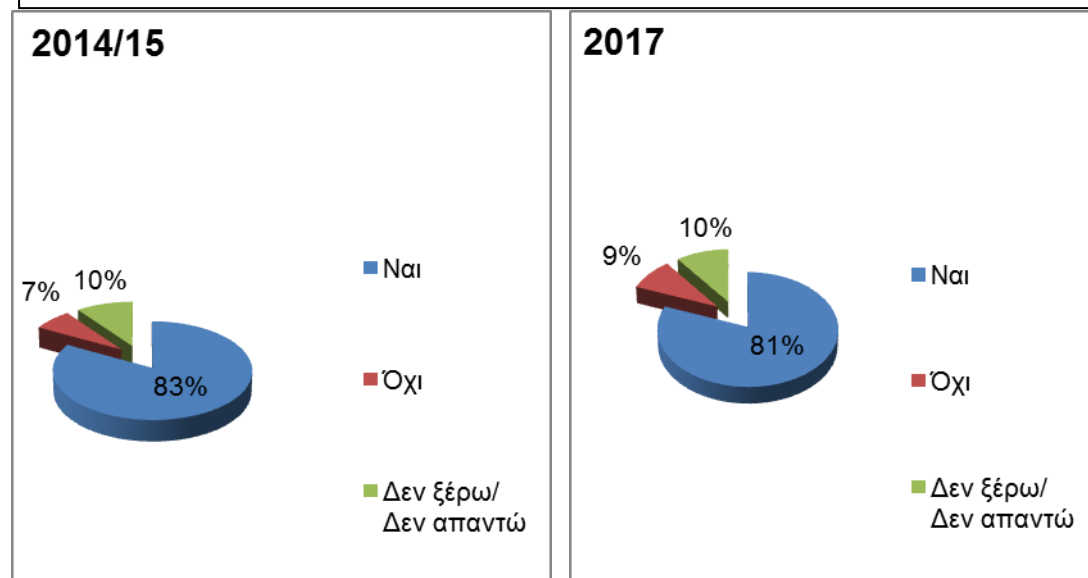
Το 90% των συμμετεχόντων δηλώνει πρόθυμο να πληρώσει 10% περισσότερο για εξασφαλίσει 30% εξοικονόμηση ενέργειας σύμφωνα με το σενάριο 1 (γράφημα 6.14).



Γράφημα 6.15 Απαντήσεις σε σενάριο 2/3 (2014/15 ως προς 2017)

Στο σενάριο 2 (γράφημα 6.15) για το 2014/15, οι συμμετέχοντες αντιδρούν θετικά και μάλιστα το 36% συνολικά δηλώνει πως προτίθεται να πληρώσει από 5-10% περισσότερο, το 32% από 10-20%, το 12% από 20-30% ενώ ένα ποσοστό της τάξης του 9% δε θα ήταν διατεθειμένο να πληρώσει επιπλέον. Αυτό το συμπέρασμα συμφωνεί με τα ευρήματα του γραφήματος 6.14 (συνολικά το 10% των συμμετεχόντων είτε δε θα δεχόταν να επιβαρυνθεί με 10% επιπλέον στο κόστος είτε δεν ήξερε/δεν απάντησε). Τα στοιχεία του 2017 δε διαφοροποιούνται σημαντικά, δηλαδή το 29% δηλώνει διατεθειμένο να πληρώσει 5-10% περισσότερο, το 36% από 10-20%, το 15% από 20-30%, ενώ δεν υπήρξαν συμμετέχοντες διατεθειμένοι να μη δεχθούν ουδεμία διαφορά στην τιμή. Επομένως μια διαφορά κόστους μέχρι 20% περίπου θεωρείται εντός λογικών ορίων, εφόσον το αποτέλεσμα είναι εγγυημένο.

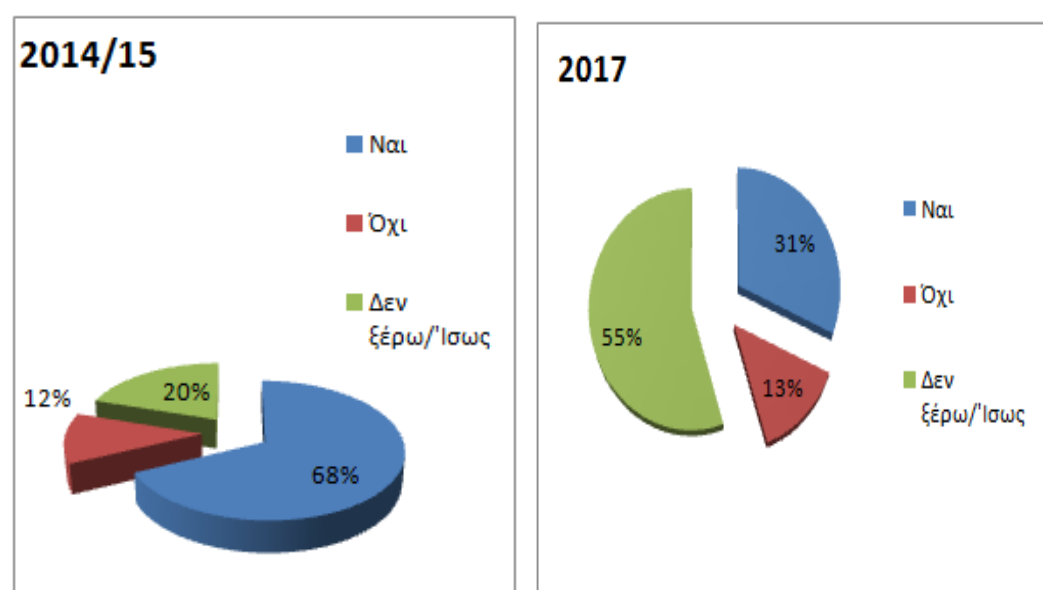
Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση ψυχρής βαφής (υψηλής ανακλαστικότητας) μειώνεται η ενέργεια για ψύξη κατά 20% θα αποφασίζατε να κάνετε την επένδυση με απόσβεση σε 3 έτη;



Γράφημα 6.16 Απαντήσεις σε σενάριο 3/3 (2014/15 ως προς 2017)

Στο γράφημα 6.16 απεικονίζονται οι απαντήσεις στο σενάριο 3, που είναι συγκεκριμένο ως προς το είδος του «έξυπνου» υλικού (ψυχρή βαφή), το 83% (για το 2014/15) και το 81% (για το 2017) των συμμετεχόντων δηλώνουν πρόθυμοι να επενδύσουν σε ένα υλικό, ενώ υπάρχει σταθερά και ένα 10% που δεν ξέρει/δεν απαντά.

Σκέφτεστε να αγοράσετε/ να χρησιμοποιήσετε κάποιο «έξυπνο» υλικό τα επόμενα 2 έτη για να αναβαθμίσετε ενεργειακά το χώρο εργασίας σας ή την κατοικία σας;



Γράφημα 6.17 Πρόθεση αγοράς «έξυπνου» υλικού εντός των επόμενων 2 ετών (2014/15 ως προς 2017)

Στο γράφημα 6.17 απεικονίζεται η πρόθεση αγοράς εντός των επόμενων 2 ετών ή αλλιώς η διαφοροποίηση στο επίπεδο 3, αυτό της αξιολόγησης/προβληματισμού. Οι συμμετέχοντες του 2014/15 στην πλειοψηφία τους (σχεδόν τα τρία τέταρτα του συνόλου) δηλώνουν πως προτίθενται να κάνουν χρήση κάποιου «έξυπνου» υλικού για εξοικονόμηση ενέργειας σε κάποιο κτίριο, ενώ οι αναποφάσιστοι αποτελούν το ένα πέμπτο (1/5) των συμμετεχόντων. Στα στοιχεία του 2017, σχεδόν οι μισοί από τους συμμετέχοντες δηλώνουν αβεβαιότητα ως προς την πρόθεσή τους για αγορά κάποιου «έξυπνου» υλικού. Εκείνοι που δήλωσαν πως προτίθενται να αγοράσουν κάποιο «έξυπνο» υλικό εντός 2 ετών είναι το ένα τρίτο των συμμετεχόντων. Οι προτιθέμενοι να προβούν σε αγορά τα επόμενα δύο έτη, στα στοιχεία του 2017 έχουν υποδιπλασιαστεί σε σχέση με τους αντίστοιχους του 2014/15. Η αβεβαιότητα είναι περισσότερο έκδηλη στη β' φάση της έρευνας, λόγω ίσως της υστέρησης που παρουσιάζεται στην εμφάνιση των επιπτώσεων της οικονομικής κρίσης, αφού οι άνθρωποι χρειάζονται χρόνο για να ανταποκριθούν σε νέες οικονομικές συνθήκες και καλούνται να αλλάξουν τις συνήθειές τους.

6.2.3. Σχεδιασμός συνεντεύξεων

Στην προκειμένη περίπτωση, εφαρμόστηκε η μέθοδος της ημιδομημένης συνέντευξης. Η συνεντεύκτρια, έχοντας δημιουργήσει ένα γενικό σχέδιο για τις ερωτήσεις της συνέντευξης, ξεκινά με μια γενική ερώτηση γύρω από τα υλικά νανοτεχνολογίας με εφαρμογή στον κατασκευαστικό τομέα για εξοικονόμηση ενέργειας. Στη συνέχεια το αν, τότε και ποιες από τις ερωτήσεις ακολουθούν προκύπτει με βάση τις απαντήσεις που λαμβάνονται (Mason, 2002). Είναι πιο ευέλικτη μέθοδος και δίνει τη δυνατότητα εκμαίευσης πληροφοριών σε μεγαλύτερη ανάλυση και πιο αυθόρμητων απαντήσεων.

Οι συνεντεύξεις συμπεριέλαβαν ερωτήσεις που προσαρμόζονταν στον συνεντευξιζόμενο και είχαν ως στόχο να διαλευκάνουν τα εμπόδια στην προώθηση της χρήσης «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών στον κατασκευαστικό τομέα και να καταγράψουν επίπεδο γνώσης και απόψεις γύρω από τα «έξυπνα» υλικά και τα νανοϋλικά ειδικότερα .

Οι συνεντεύξεις αποσκοπούν στο να απαντηθούν τα παρακάτω ερωτήματα:

-Γνωρίζετε προϊόντα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας?

-Πώς γίνεται η ενημέρωση για τα δομικά υλικά νανοτεχνολογικής βάσης (θερμομονωτικά, επικαλυπτικά, χρώματα κ.α.) ?

-Ποιοι τα προτείνουν για εφαρμογή σε συγκεκριμένα έργα;

-Χρησιμοποιούνται περισσότερο σε νέες κατασκευές ή σε ανακαινίσεις;

-Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας φέρουν ειδική σήμανση;

-Η χρήση σε εσωτερικούς χώρους εγείρει κάποια ανησυχία για την υγεία;

-Με ποιους τρόπους θα ο κατασκευαστικός κλάδος και οι αρμόδιοι φορείς προωθούν ή εμποδίζουν τη χρήση καινοτόμων υλικών? Ποιος ο ρόλος της ζήτησης από την αγορά;

Οι συνεντευζιαζόμενοι ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες «ενδιαφερόμενων ή εμπλεκόμενων μερών» (stakeholder groups) και παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1 Κατάλογος συντεντευζιαζομένων ανά κατηγορία/κλάδο και έδρα δραστηριοποίησης

Κλάδος/Κατηγορία	Έδρα επαγγελματικής δραστηριότητας
Αρχιτέκτονας 1	Ν. Αττικής-
Αρχιτέκτονας 2	Ν. Αττικής-.
Αρχιτέκτονας 3	Ν. Χανίων- <i>insite architect lab</i>
Μηχανικός/Μελετητής 1	Ν. Χανίων-

Μηχανικός/Μελετητής 2	Ν. Αττικής <i>geometries</i>
Μηχανικός/Μελετητής 3	Ν. Θεσσαλονίκης
Μηχανικός Δημοσίου 1	Ν. Χανίων
Μηχανικός Δημοσίου 2	Ν. Χανίων
Μηχανικός Δημοσίου 3	Ν. Χανίων
Μηχανικός Δημοσίου 4	Ν. Ηρακλείου
Κατασκευαστική εταιρεία 1	Ν. Χανίων-.
Κατασκευαστική εταιρεία 2	Ν. Χανίων
Κατασκευαστική εταιρεία 3	Ν. Αττικής.
Κατασκευαστική εταιρεία 4	Ν. Θεσσαλονίκης
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 1	
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 2	
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 3	
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 4	
Λιανέμπορος 1	Ν. Χανίων
Λιανέμπορος 2	Ν. Χανίων
Λιανέμπορος 3	Ν. Χανίων
Λιανέμπορος 4	Ν. Αττικής

6.2.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων συνεντεύξεων

Οι αρχιτέκτονες 1 και 2 δήλωσαν πως δεν γνωρίζουν προϊόντα νανοτεχνολογίας που να χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και ούτε καν ήξεραν τι είναι «τα νανοϋλικά». Ο αρχιτέκτονας 3 έχει ακούσει για τα προϊόντα νανοτεχνολογίας, αλλά δεν τα έχει χρησιμοποιήσει, ειδικά «στην εποχή που η οικοδομική δραστηριότητα είναι εξαιρετικά χαμηλή ασχολούμαστε περισσότερο με έργα μικρής κλίμακας σε υφιστάμενες κατοικίες ή τουριστικά καταλύματα ». Οι αρχιτέκτονες δήλωσαν πως ενημερώνονται για νέα υλικά μέσω κλαδικών περιοδικών και κυρίως μέσω Internet από ενημερωτικά email.

Ο κατασκευαστής 1, δεν γνώριζε τα προϊόντα νανοτεχνολογίας με εφαρμογή στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας. Πιστεύει πως όλα αυτά περί υλικών με καινοφανείς ιδιότητες για εξοικονόμηση ενέργειας είναι τακτική marketing (αγοραλογίας) των εταιρειών που τα παράγουν με στόχο να δημιουργήσουν «πλασματικές ανάγκες». Θα ήταν διαφορετική η αντιμετώπισή του εάν του παρουσίαζαν συγκεκριμένα οφέλη σε εξοικονόμηση ενέργειας με νούμερα και σε βάθος χρόνου, όπως είπε χαρακτηριστικά. Τα υλικά συχνά τα προτείνει ο αρχιτέκτονας και μπορεί ο κατασκευαστής να προσπαθήσει να πείσει τον πελάτη πως τα έχει ανάγκη. Μόνο στην περίπτωση αποκατάστασης από καταστροφές χρησιμοποιούνται πιο ακριβά υλικά.

Ο κατασκευαστής 2 γνώριζε τα προϊόντα νανοτεχνολογίας, αλλά δεν τα έχει χρησιμοποιήσει. Όπως είπε χαρακτηριστικά: « αυτή την εποχή δεν χτίζονται νέα κτίρια, ασχολούμαστε μόνο με προσθήκες σε υπάρχοντα κτίρια, οπότε τα νανοϋλικά δεν τα χρησιμοποιούν. Η αγορά δημιουργεί τη ζήτηση για νέα προϊόντα».

Ο κατασκευαστής 3 δεν είχε ακούσει για τα υλικά αυτά και είπε χαρακτηριστικά: «ειδικά σε εποχή μηδενικής σχεδόν οικοδομικής δραστηριότητας επιλέγονται παραδοσιακά, δοκιμασμένα υλικά που καλύπτουν τις ανάγκες μας 100%. Γιατί να ρισκάρω;»

Ο κατασκευαστής 4 γνώριζε τα νανοϋλικά και τις χρήσεις τους, αλλά δεν τα χρησιμοποιεί αν και «τα τεχνικά γραφεία (πολιτικοί μηχανικοί κλπ) προτείνουν τα υλικά». «Δεν γίνονται νέες κατασκευές, άρα σε προσθήκες μόνο δεν χρησιμοποιούνται» Ενημερώνεται για νέα δομικά προϊόντα μέσω ενημερωτικών email.

Ο μηχανικός/ Μελετητής 1 δήλωσε ιδιαίτερα συντηρητικός όσον αφορά την πρόταση υλικών σε περίπτωση ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίου. «Εάν τα υλικά νανοτεχνολογίας υπήρχαν στη βάση δεδομένων του KENAK ως επιλογή, θα τα πρότεινα», είπε.

Ο μηχανικός/ μελετητής 2 γνώριζε τα υλικά νανοτεχνολογίας και μάλιστα ασχολείται μεταξύ άλλων με την εφαρμογή υδρόφοβων φιλμ νανοτεχνολογίας σε γυάλινες επιφάνειες και ειδικότερα σε φωτοβολταϊκά πάνελ. Ενημερώνεται για τα υλικά μέσω διαδικτύου, εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και εμπορικών Εκθέσεων. Θεωρεί πως είναι πάρα πολύ σημαντική η θέσπιση κινήτρων (φοροαπαλλαγές, φοροελαφρύνσεις κλπ) για την προώθηση των υλικών νανοτεχνολογικής βάσης, σε συνδυασμό με άριστη ενημέρωση πωλητών και πιθανών αγοραστών.

Ο μηχανικός/μελετητής 3 γνωρίζει τα υλικά νανοτεχνολογίας. Όπως είπε «αν και το τεχνικό γραφείο είναι υπεύθυνο για την επιλογή των υλικών, δεν τα χρησιμοποιώ. Πλέον δε γίνονται νέες κατασκευές και σε προσθήκες μόνο δε χρησιμοποιούνται»

Οι μηχανικοί του Δημοσίου 1 και 2 και 4 δεν γνώριζαν τα υλικά νανοτεχνολογίας. Ο μηχανικός του Δημοσίου 3 γνώριζε τα υλικά νανοτεχνολογίας αν και δεν ήταν υπεύθυνος για την επιλογή υλικών σε τεχνικά έργα. Σε σχετική ερώτηση είπε χαρακτηριστικά, « οι προδιαγραφές των υλικών αναγράφονται αναλυτικά στις ΕΤΕΠ (Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές) και τις ΠΕΤΕΠ (Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές), που αποστέλλονται από το Υπουργείο (Υποδομών και Μεταφορών) . Το ΤΕ.Ε. δεν έχει κανέναν ενημερωτικό ρόλο σχετικά με τα καινοτόμα υλικά.Και τότε το ΤΕ.Ε. ήταν παρόν για να είναι και σε αυτή την περίπτωση;»

Ο παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 1 παράγει υλικά με εφαρμογές στα κτίρια , επομένως γνωρίζει τα νανοϋλικά. Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας προορίζονται και για νέες κατασκευές και για ανακαινίσεις. Φέρουν σήμανση (έμμεση) που δηλώνει ότι πρόκειται για προϊόντα νανοτεχνολογίας. Όπως μας είπε χαρακτηριστικά « το κράτος όχι μόνο δεν ευνοεί, αλλά συχνά εμποδίζει την ανάπτυξη της παραγωγής στην Ελλάδα. Όσον αφορά τη χρήση καινοτόμων προϊόντων, δεν τα προωθούν. Στο πρόγραμμα εξοικονόμηση κατ'οίκον μόνο αποτελούσαν επιλέξιμη δαπάνη οι ψυχρές βαφές...δυστυχώς όμως σταμάτησε το πρόγραμμα».

Ο παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 2 παράγει και υλικά νανοτεχνολογικής βάσης, που χρησιμοποιούνται και σε νέες κατασκευές και σε ανακαινίσεις. Φέρουν ειδική σήμανση στη συσκευασία (nanotechnology) και αναφέρεται και στο τεχνικό φυλλάδιο όταν πρόκειται για υλικό νανοτεχνολογίας. Όπως μας είπε « δεν πιστεύω πως η βιομηχανία ή το κράτος ευνοεί ή εμποδίζει τη χρήση καινοτόμων προϊόντων. Ούτε τα προγράμματα χρηματοδότησης πιστεύω πως βοηθάνε σε κάτι στο δικό μας κλάδο»

Ο παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 3 έχει στη συλλογή του κάποια προϊόντα νανοτεχνολογικής βάσης που φέρουν ειδική σήμανση στη συσκευασία. Δεν θεωρεί πως το κράτος ευνοεί ή εμποδίζει τη χρήση καινοτόμων προϊόντων, πιστεύει στο δίκτυο διανομής και στην ενημέρωση των πιθανών αγοραστών μέσω σεμιναρίων, ενημερωτικών φυλλαδίων και της ομάδας πωλήσεων.

Ο παραγωγός προϊόντων 4 νανοτεχνολογίας ασχολείται με θερμομονωτικές βαφές για εσωτερική και εξωτερική χρήση. Στη συσκευασία δηλώνεται η νανοτεχνολογική προέλευση των προϊόντων. Πιστεύει πως το κράτος μέχρι στιγμής δεν έχει βοηθήσει στην προώθηση καινοτόμων προϊόντων όπως τα νανοϋλικά. Οι πελάτες τους συχνά είναι ιδιώτες, πιο νέοι ηλικιακά και εντοπίζουν τα προϊόντα μέσω διαδικτύου.

Ο λιανέμπορος (χρωματοπωλείο) 1 αν και είχε ακούσει για τα προϊόντα νανοτεχνολογίας, δεν τα είχε στο στοκ του διότι δεν τα ζητάει κανείς. Όσον αφορά τις θερμομονωτικές βαφές, η γνώμη του είναι πως «δεν τραβάνε», διότι δεν μπορούν να συγκριθούν σε καμιά περίπτωση με την παραδοσιακή μόνωση (πχ θερμομονωτικές πλάκες πολυστερίνης). Καμιά φορά οι εταιρείες που παράγουν χρώματα προσπαθούν να διαφοροποιηθούν και εισάγουν στην αγορά κάποιο καινοτόμο υλικό που δεν καλύπτει κάποια νέα ανάγκη...αλλά δείτε το και πρακτικά....Στα νησιά των Κυκλάδων, τα σπίτια παραδοσιακά ήταν βαμμένα άσπρα... Αλλά και με τις θερμοπροσόψεις είναι σα να μετατρέπεις το σπίτι σε ένα στεγανό κουτί...μετά δεν αερίζεται σωστά, γιατί αν το αερίσεις ανοίγοντας τα παράθυρα καταργείς το πλεονέκτημα της θερμοπρόσοψης...»

Ο λιανέμπορος (χρωματοπωλείο) 2, ούτε είχε προϊόντα νανοτεχνολογίας προς πώληση, ούτε τα γνώριζε. Δούλευε μόνο με τα παραδοσιακά δομικά υλικά.

Ο λιανέμπορος 3 γνώριζε τα προϊόντα νανοτεχνολογίας, αλλά όπως είπε χαρακτηριστικά: «αυτή την εποχή, κρατάω το στοκ σε χαμηλά επίπεδα...ο κόσμος δεν ζητάει τα νανοϋλικά...οπότε δεν τα δουλεύω... Και ως προς τις ενεργειακές βαφές κρατάω στοκ από δύο εταιρείες μόνο, η μία είναι ελληνική. Μας ενημερώνουν οι πωλητές των εταιρειών και μέσω επισκέψεων στο κατάστημα και μέσω φυλλαδίων και μέσω σεμιναρίων. Το πρόβλημα όμως είναι πως η οικοδομή είναι πολύ πεσμένη...και οι ιδιώτες δεν μπορούν να διαθέσουν πολλά χρήματα...ψάχνουν για την πιο απλή και οικονομική λύση».

Ο λιανέμπορος 4 δεν ήξερε τα υλικά νανοτεχνολογίας. Είπε χαρακτηριστικά « Μετά βίας πουλάμε τα παραδοσιακά υλικά, δεν έχει ο κόσμος χρήματα για υλικά πολυτελείας. Εξάλλου εγώ δεν δέχομαι πώς είναι δυνατόν με 5μm βαφή να υποκαθιστά κανείς τη θερμομόνωση...δε γίνονται αυτά τα πράγματα..Βέβαια ειδικά για τις ταράτσες πλέον κυκλοφορούν εξαιρετικά υλικά πχ ασφαλτόπανα κλπ με μεγάλη αποτελεσματικότητα»

Πίνακας 6.2 Επίπεδα δραστηριοποίησης των συνεντευξιαζομένων στο χώρο των προϊόντων νανοτεχνολογίας με χρήση στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας

ΚΛΑΔΟΣ	ΓΝΩΣΗ	ΕΡΕΥΝΑ/ ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	ΧΡΗΣΗ/ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΑΝΗΣΥΧΙΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ
Αρχιτέκτονας 1	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Αρχιτέκτονας 2	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Αρχιτέκτονας 3	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Μηχ/κός/ Μελετητής 1	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Μηχ/κός/ Μελετητής 2	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ

Μηχ/κός/ Μελετητής 3	NAI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Μηχ/κός Δημοσίου 1	OXI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Μηχ/κός Δημοσίου 2	OXI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Μηχ/κός Δημοσίου 3	OXI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Μηχ/κός Δημοσίου 4	NAI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Κατασκευαστική εταιρεία 1	OXI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Κατασκευαστική εταιρεία 2	NAI	NAI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Κατασκευαστική εταιρεία 3	OXI	OXI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Κατασκευαστική εταιρεία 4	NAI	NAI	OXI	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 1	NAI	NAI	NAI	OXI
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 2	NAI	NAI	NAI	OXI
Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 3	NAI	NAI	NAI	OXI

Παραγωγός προϊόντων νανοτεχνολογίας 4	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Λιανέμπορος 1	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Λιανέμπορος 2	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ
Λιανέμπορος 3	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΙΣΩΣ
Λιανέμπορος 4	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΔΕ ΓΝΩΡΙΖΩ

Όπως φαίνεται από τα στοιχεία του πίνακα 6.2, επί συνόλου 22 συνεντευξιαζομένων:

- 12 γνωρίζουν τα νανοϋλικά με χρήση στον κτιριακό τομέα, ποσοστό 54,5%
- 7 έχουν αναζητήσει πληροφορίες/ασχοληθεί με έρευνα σχετική με τα νανοϋλικά, ποσοστό 31,8%
- 5 έχουν εφαρμόσει προϊόντα νανοτεχνολογίας σε κτίρια, ποσοστό 22,7%

Αξίζει να σημειωθεί πως η έρευνα που έγινε στην παρούσα εργασία (ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις), είναι περιορισμένη. Παρά τους προαναφερθέντες περιορισμούς, τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν τη δυναμική της αγοράς στον κατασκευαστικό τομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ & ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΙΣ

Συνοψίζοντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Η πλειονότητα των συμμετεχόντων προβληματίζεται σχετικά με την εξεύρεση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια που ζουν ή εργάζονται και σχεδόν όλοι από την υποκατηγορία (Μηχ/κοί, Κατασκευαστές κτιρίων, Παραγωγοί/ Προμηθευτές «έξυπνων» υλικών& νανοϋλικών). Εκτιμάται ίσως πως αυτή η ενασχόληση με εξεύρεση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας είναι κάτι νέο για την Ελληνική κουλτούρα, που έχει μάλλον εμφανιστεί ως παρελκόμενο της σημαντικής μείωσης του διαθέσιμου εισοδήματος λόγω οικονομικής κρίσης.

Ενώ όμως, περισσότεροι από το ήμισυ του συνολικού δείγματος δήλωσαν πως είχαν γνώση των «έξυπνων» υλικών προτού δουν το ερωτηματολόγιο, το ποσοστό αυτών που έχουν χρησιμοποιήσει κάποιο «έξυπνο» υλικό για εξοικονόμηση ενέργειας σε κάποιο κτίριο παραμένει χαμηλό. Αυτό σημαίνει πως τα «έξυπνα» υλικά που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια βρίσκονται ακόμα στο στάδιο εισαγωγής (πρώτο στάδιο που ακολουθεί η διάχυση ενός προϊόντος στην αγορά, δηλαδή οι πωλήσεις είναι χαμηλές, οι τιμές υψηλές, η προβολή/ προώθηση κρίνεται απαραίτητη) με βάση τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Άρα δημιουργείται ήδη μια ευκαιρία για βελτίωση.

Οι κύριες πηγές πληροφόρησης για τα «έξυπνα υλικά» είναι το διαδίκτυο, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και η τηλεόραση/ραδιόφωνο.

Επίσης, παρατηρήθηκε τόσο στα στοιχεία του 2014/15, όσο και στα στοιχεία του 2017 πως υπάρχει σύγχυση στους συμμετέχοντες σχετικά με το τι θεωρείται «έξυπνο» υλικό για χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια και τι όχι.

Όσον αφορά τις ψυχρές βαφές, η διαφορά μεταξύ αυτών που δηλώνουν γνώση και αυτών που τα έχουν χρησιμοποιήσει μειώνεται μεν μεταξύ 2014/15 και 2017, αλλά χρήζει περαιτέρω βελτίωσης.

Προκειμένου να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για το πώς βλέπουν τα «έξυπνα» υλικά οι επαγγελματίες του κλάδου δηλαδή μηχανικοί, κατασκευαστές κτιρίων και οι παραγωγοί /προμηθευτές «έξυπνων» υλικών, δημιουργήθηκε μια υποκατηγορία του συνολικού δείγματος, στην οποία συμπεριλαμβάνονται οι προαναφερθέντες επαγγελματίες κλάδοι. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα 2014/15 προς 2017 για τα «έξυπνα» υλικά, οι επαγγελματίες που τα έχουν χρησιμοποιήσει είναι σχεδόν διπλάσιοι αυτών που δηλώνουν πως τα γνωρίζουν, προφανώς λόγω επαγγελματικής δραστηριότητας.

Στην προαναφερθείσα υποκατηγορία οι ψυχρές βαφές έδωσαν αναγνωρισιμότητα από 70% (2014/15) έως 100% (2017). Τα ποσοστά εφαρμογής είναι της τάξης του 10% για το 2014/15, ενώ τετραπλασιάζονται στα αποτελέσματα του 2017.

Όσον αφορά τα «έξυπνα» παράθυρα, στα αποτελέσματα του 2014/15 και του 2017, περισσότεροι από το ήμισυ του συνολικού δείγματος (60%) τα γνωρίζουν και έχουν μπει στη διαδικασία να αναζητήσουν κάποια πληροφορία. Τα αποτελέσματα στις δύο φάσεις της έρευνας (2014/15 και 2017) δεν έχουν διαφοροποιηθεί, αφού δεν διατίθενται στο εμπόριο στην Ελληνική αγορά, αλλά ακόμα και στην περίπτωση που θα συνέβαινε αυτό (με εισαγωγή από το εξωτερικό), προς το παρόν η τιμή τους θα ήταν ίσως απαγορευτική λόγω χαμηλής παραγωγικότητας.

Τα νανοϋλικά για χρήση στα κτίρια φαίνεται πως είναι γνωστά σε περισσότερους από το ήμισυ του συνολικού δείγματος και στους 3 από τους 4 επαγγελματίες της υποκατηγορίας. Παρόλα αυτά διεφάνη από τις συνεντεύξεις πως αρχιτέκτονες, κατασκευαστές κτιρίων και λιανέμποροι δεν γνωρίζουν περί προϊόντων νανοτεχνολογίας με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Αξίζει να σημειωθεί πως όπως έχει διαμορφωθεί ο κατασκευαστικός τομέας στην Ελλάδα (ανέγερση, ανακαίνιση ή ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίου) αποτελεί έναν ιδιαίτερα συντηρητικό κλάδο, στον οποίο η όποια δραστηριότητα βασίζεται σε παραδοσιακές, δοκιμασμένες μεθόδους και υλικά που αφήνουν μικρά περιθώρια για καινοτομία. Οι κατασκευαστές, όπως και οι λιανέμποροι έδειξαν δυσπιστία ως προς τα οφέλη από τη χρήση των νανοϋλικών για εξοικονόμηση ενέργειας. Δηλαδή για τους κατασκευαστές για παράδειγμα το επιπλέον κόστος ενός καινοτόμου υλικού και το ενδεχόμενο ρίσκο που αυτό ενέχει, αναιρούν τα όποια ανταγωνιστικά του πλεονεκτήματα.

Άρα κρίνεται επιβεβλημένη η δημιουργία πλατφόρμας ενημέρωσης για τα νανοϋλικά, αλλά και για τα «έξυπνα» υλικά εν γένει, ανά κλάδο και η προβολή εφαρμογών σε πραγματικές συνθήκες. Προκειμένου δηλαδή να πειστούν οι επαγγελματίες που εμπλέκονται στη χρήση ή πώληση των προϊόντων νανοτεχνολογίας κρίνεται απαραίτητη η αξιοποίηση της γνώσης και εμπειρίας από εφαρμογές είτε στην Ελλάδα είτε σε χώρες με συναφή κλιματικά χαρακτηριστικά.

Τα ποσοστά ανησυχίας ως προς τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από τη χρήση των νανοϋλικών στα κτίρια από το 2014/15 στο 2017 μειώνονται περίπου στο μισό (από 44% σε 26%). Επί του συνολικού δείγματος περίπου το ένα τρίτο δεν ανησυχεί (2014/15 και 2017). Το ποσοστό όμως αυτών που δηλώνουν πως ανησυχούν στην α' φάση της έρευνας μετακινείται στη β' φάση στους αναποφασιστους (Δεν ξέρουν/Δεν το έχουν σκεφτεί). Παραμένει αδιευκρίνιστο το τι σκέφτονται ή πώς θα διαμορφωθεί η άποψη αυτών που δεν ξέρουν/ δεν το έχουν σκεφτεί, οι οποίοι ενώ αρχικά αποτελούν το 22% στη β' φάση (2017) σχεδόν διπλασιάζονται. Άρα εκτιμάται πως όσον αφορά την ανησυχία για ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία από τη χρήση νανοϋλικών στα κτίρια, επικρατεί παρόμοια αβεβαιότητα με αυτή που επικρατεί σε επίπεδο επιστημόνων και ερευνητών. Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιοι από αυτούς που δηλώνουν ανησυχία, σε προηγούμενη ερώτηση περί γνώσης νανοϋλικών με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια έχουν απαντήσει αρνητικά.

Στους επαγγελματίες φαίνεται πως περίπου τα τρία τέταρτα της υποκατηγορίας γνωρίζουν νανοϋλικά με χρήση στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ τα ποσοστά αυτών που ανησυχούν για πιθανές επιπτώσεις στην υγεία έχουν υποτετραπλασιαστεί μεταξύ 2014/15 και 2017.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, κρίνεται απαραίτητη η οργάνωση εκστρατείας ενημέρωσης των πολιτών για τους πιθανούς κινδύνους από τη χρήση νανοϋλικών.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου, στα στοιχεία του 2014/15, οι ερωτώμενοι αξιολόγησαν ως πιο σημαντικό παράγοντα περιορισμού της χρήσης των «έξυπνων» υλικών στην Ελλάδα, την ελλιπή ενημέρωση πιθανών αγοραστών με αμέσως επόμενο την έλλειψη κινήτρων (φοροαπαλλαγές, επιδοτήσεις κλπ), όπως ίσως αναμενόταν σε μια χώρα που βρίσκεται σε οικονομική ύφεση. Στα στοιχεία του 2017, ως πλέον

σημαντικός παράγοντας αξιολογήθηκε η έλλειψη κινήτρων, ενώ ακολουθεί ή ελλιπής ενημέρωση πιθανών αγοραστών. Είναι προφανές πως εδώ προκύπτει ανάγκη για λήψη κρατικών μέτρων προώθησης των «έξυπνων» υλικών και επίσης επιβεβαιώνεται η ανάγκη για πληρέστερη, συστηματική και συντονισμένη ενημέρωση των πολιτών. Ο τρίτος πιο σημαντικός παράγοντας που περιορίζει τη χρήση των «έξυπνων» υλικών (2014/15 και 2017) είναι το υψηλότερο κόστος τους σε σχέση με τα συμβατικά υλικά.

Ως προς τη σχέση κόστους των «έξυπνων» υλικών σε σχέση με τα συμβατικά, αλλά και γενικά για καινοτόμα προϊόντα σε έναν κλάδο «συντηρητικό» όπως ο κατασκευαστικός κλάδος, η αντίδραση είναι αλυσιδωτή: χαμηλή αναγνωρισιμότητα, χαμηλή ζήτηση, χαμηλές πωλήσεις, χαμηλή ποσότητα παραγωγής, υψηλές τιμές.

Η πρόθεση αγοράς διερευνήθηκε με χρήση τριών σεναρίων επένδυσης και ερώτησης περί πρόθεσης αγοράς τα επόμενα 2 έτη.

Από τις απαντήσεις στα σενάρια επένδυσης γίνεται σαφές πως οι ερωτώμενοι γενικά δηλώνουν διατεθειμένοι να επενδύσουν σε «έξυπνα» υλικά για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, εφόσον τα οφέλη είναι ποσοτικοποιημένα, ακόμα και αν το κόστος των υλικών είναι πιο υψηλό (μέχρι 20%) από τα αυτό των παραδοσιακών υλικών.

Παρά την ισχυρή πρόθεση αγοράς με βάση τις παραπάνω απαντήσεις, στα αποτελέσματα της πρόθεσης αγοράς για τα επόμενα δύο έτη (μεσοπρόθεσμα) φαίνεται πως το αρχικό «ΝΑΙ» σχεδόν στα τρία τέταρτα του δείγματος (2014/15) μειώνεται στο μισό και δίνει τη κυριαρχική θέση του στο “Δεν ξέρω /Ίσως” που δηλώνει το ήμισυ του δείγματος στα στοιχεία του 2017. Εκτιμάται πως η αβεβαιότητα συνδέεται ίσως με τη γενικότερη αβεβαιότητα που επικρατεί λόγω οικονομικής ύφεσης από το 2009 μέχρι και σήμερα, λόγω ίσως της κρίσης στην οικοδομική δραστηριότητα και λόγω μάλλον της κουλτούρας των Ελλήνων να μην ασχολούνται με θέματα όπως η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια που ζουν ή εργάζονται.

7.1 Συμπεράσματα από Συνεντεύξεις

Ανάλογα με την επαγγελματική δραστηριότητα αυτών που συμμετείχαν στις συνεντεύξεις προέκυψαν διαφορετικά συμπεράσματα.

Οι αρχιτέκτονες παραδόξως δεν φαίνονται να είναι ενημερωμένοι για τα νανοϋλικά και φάνηκε από τις απαντήσεις τους πως ασχολούνται περισσότερο με το σχεδιασμό ενός κτιρίου (αρχιτεκτονική μελέτη) και όχι τόσο με την επιλογή υλικών. Βέβαια με δεδομένη την κρίση στην οικοδομική δραστηριότητα και την ενασχόλησή τους με τον σχεδιασμό τουριστικών κυρίως καταλυμάτων, ερμηνεύεται η έλλειψη κινήτρου να αναζητήσουν καινοτόμα υλικά. Ενδεχομένως βέβαια, να υπάρχει μια ευκαιρία για εισαγωγή των υλικών αυτών στον τομέα των τουριστικών κτισμάτων.

Οι κατασκευαστές δεν φαίνονται να είναι ενημερωμένοι και εκφράζουν την πιο συντηρητική πλευρά του κατασκευαστικού τομέα που εμμένει σε παραδοσιακά υλικά και μεθόδους που καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες των πελατών και ενδεχομένως να επιλέξουν κάποιο καινοτόμο υλικό για εξοικονόμηση ενέργειας, εφόσον όμως τα οφέλη μπορούν να αποδειχθούν έμπρακτα ή αν το ζητήσει ο πελάτης.

Συνήθως τα τεχνικά γραφεία προτείνουν τα υλικά, αν και κανονικά αυτό είναι στο πλαίσιο της ευθύνης του αρχιτέκτονα.

Κατά τους μηχανικούς μελετητές που δηλώνουν πλήρως ενημερωμένοι για τα προϊόντα νανοτεχνολογίας με εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, η προώθηση της χρήσης των νανοϋλικών θα μπορούσε να γίνει εάν συμπεριλαμβάνονταν στη βάση δεδομένων των υλικών του KENAK. Προς το παρόν όμως είναι συντηρητικοί στην επιλογή υλικών για ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Επίσης τα επιδοτούμενα προγράμματα σε συνδυασμό με άρτια ενημερωμένους πιθανούς αγοραστές και πωλητές.

Οι μηχανικοί του Δημοσίου δεν γνώριζαν τα προϊόντα νανοτεχνολογίας με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ τόνισαν πως η επιλογή των υλικών για τα τεχνικά έργα γίνεται με βάση τις Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ) που συντάσσονται με ευθύνη του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών.

Οι παραγωγοί προϊόντων νανοτεχνολογίας με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια δεν πιστεύουν ιδιαίτερα στη συμβολή του κράτους στην προώθηση

καινοτόμων υλικών εκτός ίσως από κάποια προγράμματα επιδοτούμενα τύπου «Εξοικονομώ κατ'οίκον». Γενικά δήλωσαν πίστη σε σωστό δίκτυο διανομής και πωλητών παρά σε κρατικές παρεμβάσεις.

Οι λιανέμποροι δεν γνώριζαν τα προϊόντα νανοτεχνολογίας και έδειχναν δύσπιστοι ως προς τα οφέλη που μπορεί να έχουν σε σχέση με τα παραδοσιακά υλικά.

Όσον αφορά τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από την εφαρμογή των νανοϋλικών στο εσωτερικό των κτιρίων, οι περισσότεροι δήλωσαν πως δεν γνωρίζουν εκτός από τους παραγωγούς οι οποίοι εμφανίστηκαν κάθετα αρνητικοί. Τα προϊόντα νανοτεχνολογίας φέρουν ειδική σήμανση, στη συσκευασία που δηλώνει πως πρόκειται για προϊόν νανοτεχνολογικής βάσης, ενώ η κύρια πηγή πληροφόρησης είναι το διαδίκτυο.

7.2 Γενικά συμπεράσματα και οδικός χάρτης

Από τα ερωτηματολόγια και τις συνεντεύξεις προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Στην Ελλάδα, έχει ανακύψει το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια (αρχικά ως απόηχος των οδηγιών της Ε.Ε., αργότερα όμως από ανάγκη λόγω της μείωσης του διαθέσιμου εισοδήματος εξαιτίας της οικονομικής κρίσης) που φαίνεται πως απασχολεί την πλειονότητα των πολιτών, οι οποίοι δηλώνουν πρόθυμοι να επενδύσουν σε «λύσεις» εξοικονόμησης ενέργειας εφόσον τα οφέλη είναι εγγυημένα (πχ μείωση δαπανών για ενέργεια). Η επιλογή ή υιοθέτηση πρακτικών ή και υλικών για εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται σε συνάρτηση με τη σχέση κόστους και οφέλους (επιλέγονται συχνά απλές και οικονομικές λύσεις, ειδικά σε περίοδο οικονομικής ύφεσης).
- Η ενημέρωση για τα «έξυπνα» υλικά (τι είναι, τι δεν είναι, χαρακτηριστικά, εφαρμογές, πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία ή το περιβάλλον) είναι ελλιπής σε όλα τα επίπεδα των εμπλεκόμενων μερών (αρχιτέκτονες, κατασκευαστές κτιρίων, Μηχ/κοί (κυρίως Δημοσίου τομέα), πωλητές, πιθανοί αγοραστές

- Η εφαρμογή των «έξυπνων» υλικών και υλικών νανοτεχνολογίας στα κτίρια για εξοικονόμηση ενέργειας βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Οι τιμές δεν είναι μεν απαγορευτικές, αλλά είναι σημαντικά υψηλότερες από αυτές των παραδοσιακών υλικών, γεγονός που δρα αποτρεπτικά στη δοκιμή των «έξυπνων» υλικών και υλικών νανοτεχνολογίας
- Υπάρχει δυσπιστία στην αγορά σχετικά με τα οφέλη που προσφέρει η χρήση των «έξυπνων» υλικών και των προϊόντων νανοτεχνολογίας στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και απροθυμία ανάληψης οποιουδήποτε ρίσκου με υιοθέτηση καινοτόμων (όχι δοκιμασμένων για πολλά χρόνια) προϊόντων
- Εκφράζεται δυσπιστία ως προς το ρόλο του κράτους στην προώθηση καινοτόμων προϊόντων από τους παραγωγούς προϊόντων νανοτεχνολογίας, ενώ το κοινό θεωρεί πως η έλλειψη κινήτρων (πχ φοροελαφρύνσεις, κρατικές επιδοτήσεις κλπ) ευθύνεται εν μέρει για την περιορισμένη χρήση των «έξυπνων» υλικών στον κατασκευαστικό τομέα
- Η εθνική νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί περισσότερο προϊόν τυπικής ενσωμάτωσης κοινοτικών οδηγιών (λόγω του υποχρεωτικού τους χαρακτήρα), οι οποίες καθυστερούν να εναρμονιστούν και/ή εμφανίζουν σοβαρά προβλήματα εφαρμογής .
- Η νομοθεσία για θέματα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια εμφανίζεται κατακερματισμένη, λόγω εμπλοκής πολλών διαφορετικών υπουργείων (Εσωτερικών, Οικονομικών, Ανάπτυξης, Υποδομών Μεταφορών και Δημοσίων Έργων κ.α) που δεν ακολουθούν συγκεκριμένο εθνικό σχέδιο δράσης με αποτέλεσμα να μην υπάρχει οργάνωση και έλεγχος των φάσεων μεταξύ κατευθυντήριων γραμμών και εκτέλεσης.
- Το κανονιστικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, αλλά και η εθνική νομοθεσία γενικότερα δεν κάνει καμία αναφορά σε «έξυπνα» υλικά ή/και υλικά νανοτεχνολογίας
- Τα «έξυπνα» υλικά και τα προϊόντα νανοτεχνολογίας δε συμπεριλαμβάνονται στις Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) και δεν είναι κωδικοποιημένα ως δομικά υλικά

- Τα εμπλεκόμενα μέρη στην εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια και συγκεκριμένα στον τομέα των «έξυπνων» υλικών και υλικών νανοτεχνολογίας δρουν μεμονωμένα, ασυντόνιστα και άνευ κοινού σχεδίου δράσης με στόχο την προώθηση των καινοτόμων υλικών. Διευκρινίζεται πως η έννοια του κοινού σχεδίου δράσης δεν καταργεί τους επιμέρους στόχους του κάθε εμπλεκόμενου (σχέδιο παραγωγής και εμπορίας, έρευνα για πιθανές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, στόχους πωλήσεων, νέες σχεδιαστικές προσεγγίσεις, αποδοτικές τεχνικές λύσεις κλπ).
- Η εφαρμογή του κανονισμού REACH για τα νανοϋλικά με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα είναι αβέβαιη. Ενδεχομένως λόγω χαμηλών ποσοτήτων, έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού για τον εντοπισμό τους, ή και λόγω του μη διακριτού χαρακτήρα του κανονισμού για τα νανοϋλικά τελικά αυτά καταφέρνουν να διαλάθουν (μέχρι να παρουσιαστεί ενδεχομένως κάποια αρνητική συνέπεια για την υγεία και το περιβάλλον από τη χρήση τους).

Τα συμπεράσματα που προηγήθηκαν μετατράπηκαν σε στόχους και κατ'αυτόν τον τρόπο καταστρώθηκε ο οδικός χάρτης για την προώθηση των «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, που παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω.

Στον οδικό χάρτη πρωταρχικό μεσοπρόθεσμο στόχο αποτελεί η βελτίωση του επιπέδου γνώσης των επαγγελματιών του κατασκευαστικού τομέα και των πολιτών σχετικά με τα «έξυπνα» υλικά και τα προϊόντα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια.

Με αυτόν τον τρόπο επιδιώκεται να δοθεί έμφαση στον παράγοντα «υλικό» και «καινοτόμο υλικό» που φαίνεται να βρίσκεται σε «λανθάνουσα» κατάσταση για τους μηχανικούς που επεμβαίνουν στο σχεδιαστικό ή/ και το κατασκευαστικό μέρος των κτιρίων.

Όσον αφορά τους επαγγελματίες (αρχιτέκτονες, μηχανικοί/ μελετητές, κατασκευαστές κτιρίων, παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας) προτείνεται η παρουσίαση «σχεδιαστικών πειραμάτων» με προσομοίωση κτιρίων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (νέων ή υπό ανακαίνιση) που θα συνοδεύονται από τα

αντίστοιχα τεχνικοοικονομικά στοιχεία. Διεπιστημονική ομάδα από τα ΑΕΙ της χώρας προτείνεται να αναλάβει να παρουσιάσει στοιχεία οφέλους-κόστους από τη χρήση «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια.

Επίσης προτείνεται η παρουσίαση πραγματικών περιπτώσεων εφαρμογής «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών και των βέλτιστων πρακτικών σε κτίρια της Ελλάδας και σε χώρες του εξωτερικού με συναφή κλιματικά χαρακτηριστικά. Την ευθύνη της παρουσίασης θα έχουν οι υπέρμαχοι της δραστηριότητας, δηλαδή οι παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών.

Το Κράτος, μέσω της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας, σε συνεργασία με τα ΑΕΙ και τους παραγωγούς «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών θα μπορούσε να διοργανώνει ημερίδες και σεμινάρια σχετικά με τα καινοτόμα υλικά και τις εφαρμογές τους στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, ώστε να ενημερωθούν οι επαγγελματίες του κατασκευαστικού τομέα.

Προκειμένου να διευρυνθεί η γνωσιακή βάση των πολιτών για τα είδη των «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, τα πλεονεκτήματά τους αλλά και τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία και δεδομένου ότι το διαδίκτυο αποτελεί την κύρια πηγή πληροφόρησης για αυτά τα καινοτόμα υλικά, προτείνεται ο σχεδιασμός on line ερωτηματολογίων και παρουσιάσεων σε δύο διακριτές φάσεις (μεσοπρόθεσμος στόχος). Η πρώτη φάση ερωτηματολογίων και παρουσιάσεων σχετικά με τα «έξυπνα» υλικά & προϊόντα νανοτεχνολογίας θα σχεδιάζεται από τα σχετικά υπουργεία και θα απευθύνεται σε εργαζόμενους σε αυτά (πχ Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) και σε επαγγελματικούς φορείς (πχ ΤΕ.Ε.). Στόχος της πρώτης φάσης είναι η πληροφόρηση των εργαζομένων που ενδεχομένως εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης απόφασης για την επιλογή υλικών σε τεχνικά έργα του Δημοσίου. Η δεύτερη φάση on line ερωτηματολογίων και παρουσιάσεων θα απευθύνεται στους πολίτες με μόνο κριτήριο την κλιματική ζώνη στην οποία κατοικούν. Την ευθύνη της οργάνωσης της δεύτερης φάσης προτείνεται να έχουν διεπιστημονικές ομάδες των ΑΕΙ, επαγγελματικοί φορείς πχ ΤΕ.Ε., οι παραγωγοί «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών με εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας και οι εντόπιοι κατασκευαστές κτιρίων.

Η εφαρμογή των «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια θα μπορούσε να ενισχυθεί με μέτρα που πρέπει να λάβει το κράτος σε συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς της «αγοράς».

Για την άρση των οικονομικών παραγόντων που εμποδίζουν τη χρήση «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών σε αυτή την εφαρμογή, προτείνεται η θέσπιση κινήτρων πχ επιδοτήσεων ή φοροελαφρύνσεων. Στα επιδοτούμενα προγράμματα για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, προτείνεται η άμεση επέκταση των επιλέξιμων δαπανών, ώστε να περιλαμβάνουν και τα «έξυπνα» υλικά & νανοϋλικά που χρησιμοποιούνται ήδη. Για την επίτευξη του βραχυπρόθεσμου αυτού στόχου, θα πρέπει να συνεργαστούν οι επαγγελματίες του κατασκευαστικού τομέα, το Κράτος, οι επαγγελματικοί φορείς και οι πολίτες.

Επίσης προτείνεται η ένταξη των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών στις Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές, με βάση τις οποίες γίνεται η επιλογή υλικών για τα δημόσια τεχνικά έργα. Για να επιτευχθεί αυτός ο μεσοπρόθεσμος στόχος, θα πρέπει να αποδοθούν κωδικοί στα «έξυπνα» υλικά και νανοϋλικά που χρησιμοποιούνται ήδη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και να ενταχθούν στον KENAK. Η κωδικοποίηση απαιτεί τη συνεργασία του κράτους, επαγγελματικών φορέων πχ Τ.Ε.Ε. και μηχ/κών μελετητών του Ιδιωτικού και του Δημόσιου τομέα.

Από τεχνολογικής άποψης και προκειμένου να αυξηθεί η ζήτηση των «έξυπνων» υλικών και νανοϋλικών στην «αγορά» των δομικών προϊόντων για εξοικονόμηση ενέργειας της Ελλάδας και του εξωτερικού, θα πρέπει να συνεργαστεί η βιομηχανία με το κράτος υπό την αιγίδα ενός κεντρικού συντονιστικού κρατικού φορέα, ώστε να αναπτυχθούν νέα προϊόντα με προφανή πλεονεκτήματα σε οφέλη, τιμή και διαθεσιμότητα και που να είναι σύμφωνα με τη νομοθεσία και τα διεθνή πρότυπα.

Κατ' αναλογία προς τη σχεδιαστική και κατασκευαστική πρακτική στην Ελλάδα, θα πρέπει να συμπεριληφθεί στην εθνική νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και ο παράγοντας «υλικό» και ιδιαίτερα «έξυπνο» υλικό και νανοϋλικό (μακροπρόθεσμος στόχος). Θα πρέπει δηλαδή να ενισχυθεί η σχέση κράτους, Ρυθμιστικών Αρχών και «αγοράς» «έξυπνων» υλικών σε ένα μοντέλο διακυβέρνησης με στόχο την υπεύθυνη ανάπτυξη των υλικών αυτών στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ο στόχος είναι μακροπρόθεσμος, αλλά αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ενίσχυση της καινοτομίας στο πεδίο της εξοικονόμησης ενέργειας.

Η προώθηση καινοτόμων υλικών όπως πχ τα «έξυπνα» υλικά και νανοϋλικά για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια προϋποθέτει επίσης την κατάστρωση ενός ενιαίου Εθνικού σχεδίου δράσης στο οποίο θα συμμετέχουν όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς της «αγοράς» (μακροπρόθεσμος στόχος). Το ενιαίο εθνικό σχέδιο δράσης για

συγκεκριμένη εφαρμογή (στη συγκεκριμένη περίπτωση, εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) θα χωρίζεται σε επιμέρους σχέδια δράσης ανά κατηγορία πχ προδιαγραφές, σχέδια, εξοπλισμός, υλικά κλπ.

Ο παράγοντας «υλικά» θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί ως διακριτός παράγοντας και να καλύπτεται με τη δημιουργία μια βάσης δεδομένων για όλα τα υφιστάμενα υλικά που χρησιμοποιούνται για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Η βάση δεδομένων θα αναφέρεται σε όλες τις συνιστώσες που σχετίζονται με τα «υλικά» της συγκεκριμένης εφαρμογής:

- ιδιότητες
- κατάταξη προϊόντων ανά εφαρμογή
- μέτρηση της αποτελεσματικότητας των υλικών με δείκτες αποδοτικότητας
- βέλτιστες πρακτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια που να συμπεριλαμβάνει και τα «έξυπνα» υλικά
- ασφάλεια & υγιεινή (επισκόπηση προϊόντων που βρίσκονται στο εμπόριο και συμμόρφωση με κανονισμούς)
- διαβούλευση και συνεργασία με φορείς και την κοινωνία των πολιτών
- ρυθμιστικό πλαίσιο (διευκρίνιση του ρόλου και αρμοδιοτήτων του κάθε εμπλεκόμενου υπουργείου, στενότερη και πιο αποδοτική συνεργασία μεταξύ των υπουργείων, αμεσότερη ανταπόκριση στις οδηγίες της Ε.Ε.).

Τέλος, προτείνεται η αναθεώρηση του κανονισμού REACH ώστε να συμπεριλάβει τα νανοϋλικά ανά εφαρμογή (πχ εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) και όχι ως χημικές ουσίες. Ο μεσοπρόθεσμος στόχος μπορεί να επιτευχθεί μέσω της δημιουργίας μητρώου νανοϋλικών ανά εφαρμογή (και ειδικότερα στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) και με την υιοθέτηση επιπρόσθετων κριτηρίων για τη διάκριση των νανοϋλικών σε σχέση με τα ομόλογα υλικά συμβατικών διαστάσεων με βάση την εφαρμογή και όχι με βάση την ποσότητα.

Οδικός χάρτης για την προώθηση των «έξυπνων» υλικών με εφαρμογή στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα

ΣΤΟΧΟΣ	ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟΙ	ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
Βελτίωση επιπέδου γνώσης			
1)Αλλαγή σχεδιαστικής ή/και κατασκευαστικής κουλτούρας και έμφαση στον παράγοντα «υλικό»	Αρχιτέκτονες Μηχ/κοί Μελετητές Κατασκευαστές κτιρίων Παραγωγοί έξυπνων υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας	<ul style="list-style-type: none"> Σχεδιαστικά πειράματα για κτίρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης (νέα ή υπό ανακαίνιση) με στοιχεία οφέλους - κόστους (Αρμόδιος:ΑΕΙ–διεπιστημονική ομάδα) Παρουσίαση πραγματικών περιπτώσεων από εφαρμογή «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών και κοινοποίηση βέλτιστων πρακτικών σε κτίρια της Ελλάδας και του εξωτερικού (χώρες με συναφή κλιματικά χαρακτηριστικά) (Αρμόδιος: Παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών Οργάνωση ημερίδων και σεμιναρίων σχετικά με τα καινοτόμα υλικά & τις δυνατότητές τους (Αρμόδιος: ΑΕΙ, Παραγωγοί, ΓΓΕΤ) 	<ul style="list-style-type: none"> Μεσοπρόθεσμος Μεσοπρόθεσμος Βραχυπρόθεσμος
2)Ανάπτυξηγνώσιακής βάσης πολιτών(ομαδοποίηση υλικών με χρήση στα κτίρια, ενημέρωση πολιτών για είδη «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας, ενημέρωση πολιτών για	Πολίτες Κράτος ΑΕΙ Επαγγελματικοί φορείς (ΤΕ.Ε.)	<ul style="list-style-type: none"> Σχεδιασμός on line ερωτηματολογίων και on line παρουσιάσεων με ελεύθερη συμμετοχή των εργαζομένων στα σχετικά υπουργεία (Αρμόδιος: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, ΤΕ.Ε.) 	<ul style="list-style-type: none"> Μεσοπρόθεσμος

πιθανές επιπτώσεις στην υγεία (εισπνοή κλπ)		<ul style="list-style-type: none"> Σχεδιασμός on line ερωτηματολογίων και on line παρουσιάσεων με ελεύθερη συμμετοχή των πολιτών ανά κλιματική ζώνη (Αρμόδιος: Διεπιστημονικές ομάδες σε συνεργασία με Παραγωγούς και εντόπιοι κατασκευαστές κτιρίων) 	<ul style="list-style-type: none"> Μεσοπρόθεσμος
Βελτίωση επιπέδου χρήσης			
3)Θέσπιση κινήτρων (πχ επιδοτήσεων) για χρήση «έξυπνων» υλικών και υλικών νανοτεχνολογίας	<p>Πολίτες</p> <p>Μηχ/κοί/Μελετητές</p> <p>Κατασκευαστές κτιρίων</p> <p>Παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας</p> <p>ΤΕ.Ε.</p> <p>Κράτος</p>	<ul style="list-style-type: none"> Επέκταση επιλέξιμων δαπανών σε «έξυπνα» υλικά & προϊόντα νανοτεχνολογίας σε επιδοτούμενα προγράμματα. Εν αναμονή του δεύτερου «Εξοικονομώ κατ' οίκον» που ξεκινά τον Ιούνιο 2017 (Αρμόδιος: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής) 	<ul style="list-style-type: none"> Βραχυπρόθεσμος
4) Ένταξη «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας στις Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές	<p>Κράτος</p> <p>ΤΕ.Ε.</p> <p>Μηχ/κοί Μελετητές (Ιδιωτικού τομέα & Δημοσίου)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Κωδικοποίηση «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας / ένταξη σε ΚΕΝΑΚ (Τ.Ο. ΤΕ.Ε. για υπολογισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Εν αναμονή της α' Αναθεώρησης του ΚΕΝΑΚ Αρμόδιος: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής, Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων) 	<ul style="list-style-type: none"> Μεσοπρόθεσμος

Ανάπτυξη νέων προϊόντων			
5) Ανάπτυξη νέων «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας	Παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας ΑΕΙ	<ul style="list-style-type: none"> Ανάπτυξη νέων προϊόντων πιο ανταγωνιστικών (οφέλη, τιμή, διαθεσιμότητα κλπ) σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς. Αρμόδιος: Παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & νανοϋλικών, ΑΕΙ 	<ul style="list-style-type: none"> Μακροπρόθεσμος

ΣΤΟΧΟΣ	ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟΙ	ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
Νομοθεσία Ε.Ε. & Εθνική Νομοθεσία			
6) Συμπερίληψη των «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας στην εθνική νομοθεσία για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια	Κράτος Πολίτες	<ul style="list-style-type: none"> Ενίσχυση Σχέσης κράτους-Ρυθμιστικών Αρχών και Αγοράς «έξυπνων» προϊόντων και προϊόντων νανοτεχνολογίας σε ένα μοντέλο διακυβέρνησης. Αρμόδιος: Υπουργείο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών,Βιομηχανικό Επιμελητήριο 	<ul style="list-style-type: none"> Μακροπρόθεσμος
7) Εθνικό Σχέδιο δράσης για την προώθηση καινοτόμων υλικών (πχ «έξυπνων» υλικών και προϊόντων νανοτεχνολογίας) με χρήση στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια	Αρχιτέκτονες Μηχ/κοί Μελετητές Κατασκευαστές κτιρίων Παραγωγοί «έξυπνων» υλικών & προϊόντων νανοτεχνολογίας Πολίτες Κράτος (ρυθμιστικές Αρχές) ΑΕΙ	<ul style="list-style-type: none"> Ανάπτυξη αναλυτικών επιμέρους μακροχρόνιων σχεδίων δράσης ανά κατηγορία πχ δημιουργία βάσης δεδομένων με τα υφιστάμενα υλικά όπου θα γίνεται αναφορά σε: <ol style="list-style-type: none"> Ιδιότητες & εφαρμογές, κατάταξη προϊόντων ανά εφαρμογή και μέτρηση αποτελεσματικότητας με υιοθέτηση δεικτών αποδοτικότητας Βέλτιστες πρακτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια που να συμπεριλαμβάνει και τα «έξυπνα» υλικά Ασφάλεια & υγιεινή, προϊόντα στο εμπόριο -συμμόρφωση με 	<ul style="list-style-type: none"> Μακροπρόθεσμος

	Επαγγελματικοί φορείς (ΤΕ.Ε.)	<p>iv. κανονισμούς- Διαβούλευση και συνεργασία με φορείς και την κοινωνία των πολιτών</p> <p>v. Ρυθμιστικό πλαίσιο – διευκρίνιση ρόλου κάθε υπουργείου, καλύτερη συνεργασία μεταξύ των υπουργείων, πιο άμεση ανταπόκριση στις οδηγίες της Ε.Ε.</p>	
<p>Κανονισμός REACH:</p> <p>Αναθεώρηση ώστε να συμπεριλάβει τα νανοϋλικά ανά εφαρμογή (πχ εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και όχι ως χημικές ουσίες)</p>	<p>Ε.Ε.</p> <p>Κράτος</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία μητρώου νανοϋλικών ανά εφαρμογή (και ειδικότερα στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) • Υιοθέτηση επιπρόσθετων κριτηρίων για τη διάκριση των νανοϋλικών σε σχέση με τα ομόλογα υλικά συμβατικών διαστάσεων ανά εφαρμογή και όχι με βάση την ποσότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεσοπρόθεσμος • Μεσοπρόθεσμος

7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας προσφέρουν μια αρχική ένδειξη για τις πτυχές του θέματος, δηλαδή τη διερεύνηση των παραγόντων που ευνοούν ή παρεμποδίζουν τη χρήση καινοτόμων υλικών, όπως τα «έξυπνα» υλικά και νανοϋλικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και ποιος είναι ο ρόλος του ρυθμιστικού πλαισίου μεταξύ καινοτόμου υλικού και εφαρμογής («έξυπνα» υλικά & νανοϋλικά στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια) σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικό.

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να προχωρήσει σε επόμενο στάδιο με συλλογή αποτελεσμάτων απλής ή στρωματοποιημένης δειγματοληψίας, ώστε να είναι δυνατή η γενίκευση συμπερασμάτων της έρευνας από το δείγμα στο σύνολο του πληθυσμού.

Επίσης αντικείμενο μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει η διερεύνηση των τάσεων και προοπτικών της Ελληνικής αγοράς σε σχέση με άλλες χώρες της Ε.Ε. με παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
(ερωτηματολόγιο)



Εισαγωγή

Γνωρίζετε πως τα κτίρια στην Ευρώπη ευθύνονται για το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και το ένα τρίτο περίπου των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου? Η ανάγκη για εξοικονόμηση ύλης και ενέργειας στα κτίρια οδήγησε στην αναζήτηση καινοτόμων προϊόντων και τεχνολογιών όπως τα λεγόμενα «έξυπνα» υλικά. Πρόκειται για υλικά τα οποία αντιδρούν με μοναδικό τρόπο όταν δεχθούν συγκεκριμένο εξωτερικό ερέθισμα από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Κάποια αλλαγή σε θερμοκρασία, πίεση, υγρασία ή η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου έχει σαν αποτέλεσμα τα «έξυπνα» υλικά να αλλάζουν χρώμα, σχήμα, όγκο κλπ. Έτσι μπορούν να παρέχουν θερμική προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, προστασία από α. τους ρύπους,β. τη διάβρωση,γ. την πυρκαγιά,δ. τα βακτήρια, να παράγουν ενέργεια ή φως ή και να αποθηκεύουν σε μικρή επιφάνεια μεγάλα ποσά θερμότητας. Στόχος του ερωτηματολογίου είναι η εκτίμηση του επιπέδου γνώσης των ερωτώμενων γύρω από τα "έξυπνα" υλικά. Αν θέλετε να συμβάλλετε στην εξοικονόμηση ενέργειας στον πλανήτη και στην αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος, παρακαλώ αφιερώστε 10 λεπτά από το χρόνο σας για να συμπληρώσετε αυτό το ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος στη Σχολή Μηχ/κών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Οι απαντήσεις σας θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για στατιστική ανάλυση και τα προσωπικά σας στοιχεία θα παραμείνουν απολύτως εμπιστευτικά. Σας ευχαριστούμε για τη συνεργασία σας και το χρόνο που θα διαθέσετε.

Σας έχει απασχολήσει ποτέ το πώς μπορείτε να εξοικονομήσετε ενέργεια στα κτίρια που ζείτε ή εργάζεστε;

Πριν δείτε το ερωτηματολόγιο γνωρίζατε τον όρο "έξυπνα" υλικά;

Εάν ναι, με ποιο τρόπο είχατε ενημερωθεί;

- ☐ Διαδίκτυο
- ☐ Τηλεόραση/ Ραδιόφωνο
- ☐ Εφημερίδες
- ☐ Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (ΑΕΙ, ΤΕΙ)
- ☐ Εμπορική έκθεση
- ☐ Other:

Έχετε χρησιμοποιήσει/ εγκαταστήσει "έξυπνα" υλικά σε κάποιο κτίριο με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας;;

Εάν ναι, παρακαλώ αναφέρετε το είδος του υλικού και το είδος του κτιρίου (βιομηχανικό, εμπορικό, πολυκατοικία, διαμέρισμα, μονοκατοικία κλπ);

Έχετε ακούσει τις λεγόμενες "ψυχρές ή ενεργειακές" βαφές;

Εάν ναι, γνωρίζετε κάποιο κτίριο (ιδιωτικό ή δημόσιο) στην περιοχή σας στο οποίο έχουν χρησιμοποιηθεί ψυχρές βαφές;

Έχετε ακούσει για τα λεγόμενα "έξυπνα" παράθυρα?

Εάν ναι, ποια από τις παρακάτω κατηγορίες γνωρίζετε;

☐ Ηλεκτροχημικά

☐ Φωτοχρωμικά

☐ Θερμοχρωμικά

☐ Other:

Έχετε ακούσει για προϊόντα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται για αδιαβροχοποίηση ταράτσας, πλευρικών τοίχων κλπ;

Τι νομίζετε πως φτάνει για την περιορισμένη χρήση των "έξυπνων" υλικών στον κατασκευαστικό τομέα;*Required Παρακαλώ αξιολογήστε τον κάθε παράγοντα με μια κλίμακα από 1 (καθόλου σημαντικό) έως 5 (πάρα πολύ σημαντικό)

	1- ΚΑΘΟΛΟΥ σημαντικό	2- ΛΙΓΟ σημαντικό	3- ΜΕΤΡΙΑ σημαντικό	4- ΠΟΛΥ σημαντικό	5- ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ σημαντικό
Ελλιπής ενημέρωση πιθανών αγοραστών	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ελλιπής ενημέρωση πωλητών	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Υψηλότερο κόστος σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Λανθασμένη τοποθέτηση/ εγκατάσταση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

1- ΚΑΘΟΛΟΥ
σημαντικό

2- ΛΙΓΟ
σημαντικό

3- ΜΕΤΡΙΑ
σημαντικό

4- ΠΟΛΥ
σημαντικό

5- ΠΑΡΑ
ΠΟΛΥ
σημαντικό

Έλλειψη
κινήτρων
(φορολογικές
ελαφρύνσεις/
απαλλαγές,
κρατικές
επιδότησεις
κλπ)

☐☐☐☐☐

Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση "έξυπνων" υλικών σε ένα κτίριο η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 30%, η μέση διάρκεια ζωής τους 20 έτη, ενώ το επιπλέον κόστος είναι 10%, θα τα επιλέγατε;

Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση "έξυπνων" υλικών σε ένα κτίριο η εξοικονόμηση ενέργειας είναι 30% και η μέση διάρκεια ζωής τους 20 έτη, πόσο παραπάνω θα ήσασταν διατεθειμένος να πληρώσετε για να τα αγοράσετε;

Εάν σας έλεγαν πως με τη χρήση ψυχρής βαφής (υψηλής ανακλαστικότητας) μειώνεται η ενέργεια για ψύξη κατά 20% θα αποφασίζατε να κάνετε την επένδυση με απόσβεση σε 3 έτη;

Πόσες φορές έχετε χρησιμοποιήσει/εγκαταστήσει κάποιο "έξυπνο" υλικό στη δόμηση/ανακαίνιση κτιρίου τους τελευταίους 12 μήνες;

Σκέφτεστε να αγοράσετε/ χρησιμοποιήσετε κάποιο "έξυπνο" υλικό τα επόμενα 2 έτη για να αναβαθμίσετε ενεργειακά το χώρο εργασίας ή την κατοικία σας;

Σας ανησυχεί η χρήση "έξυπνων" /υλικών (πχ προϊόντων νανοτεχνολογίας) στα κτίρια για πιθανές επιπτώσεις στην υγεία σας (εισπνοή, επαφή με το δέρμα κλπ);

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΦΥΛΟ

Σε ποιο ηλικιακό γκρουπ ανήκετε;

Ποια είναι η επαγγελματική σας κατάσταση;

Επίπεδο εκπαίδευσης

Εάν έχετε σπουδάσει, παρακαλώ αναφέρετε το εκπαιδευτικό ίδρυμα (περιοχή Ελλάδας ή εξωτερικού)

Σε ποια από τις παρακάτω κατηγορίες ανήκετε;

- ☐ Τεχνίτης (Οικοδόμος, Ελαιοχρωματιστής κλπ)
- ☐ Κατασκευαστής κτιρίων (εργολάβος, τεχνική εταιρεία)
- ☐ Μηχανικός/ Μελετητής
- ☐ Ιδιοκτήτης Ακινήτου
- ☐ Παραγωγός "έξυπνων" υλικών/ προμηθευτής "έξυπνων" υλικών
- ☐ Other:

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abeer, S., & Yousef, M. (2015). Nano-innovation in Construction , A New Era of sustainability. *2015 International Conference on Environment And Civil Engineering (ICEACE 2015) April 24-25*. Pattaya-Thailand.

Addington, D., & Schodek, M. (2005). *Smart Materials and New Technologies (For Architecture and Design Professions)*. Elsevier.

Arivagalan, K., Ravichandran, S., Rangasamy, K., & Karthikeyan, E. (2011 April-June). Nanomaterials and its Potential Applications. *International Journal of Chem Tech Research* , 3 (2), pp. 534-538.

Arora K. S., Fooley, R. W., Youtie, J., Shapira, P., & Wiek, A. (2014). Drivers of technology adoption- the case of nanomaterials in building construction. *Technological forecasting & Social Change* (87), pp. 232-244.

Assmuth, T., Hilden, M., & Craye, M. (2010). Beyond REACH: Roadblocks and shortcuts en route to integrated risk assessment and management of chemicals. *Science of the Total Environment* (408), pp. 3954-3963.

Babbie E. Εισαγωγή στην κοινωνική έρευνα, εκδόσεις Κριτική, 2011.

Bax, L., Cruxent, J., & Komornicki, J. (2013). *Key to Innovation Integrated Solution Innovative chemistry for energy efficiency of buildings in Smart cities*. Marketplace of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities funded by the European Commission.

Blayse, A., & Manley, K. (2003). *Influences on Construction Innovation: A Brief Overview of Recent Literature*.

Blayse, A., & Manley, K. (2001). *Key Influences on construction innovation*. Retrieved 2017 20-April from http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/Research_library/ResearchLibraryA/Journal_article/2001-012-A/33._Ref_Journal_-_Key_Influences_on_Construction_Innovation.pdf

Boverhof, D. R., Bramante, C. M., Butala, J. H., Clancy, S. F., Lafranconi, M., West, J., et al. (2015). Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* (73), pp. 137-150.

Bozic, J. (2015). Nanoinsulation materials for enrgy efficient buildings. *Contemporary Materials (Renewable energy sources)* , VI-2, pp. 149-159.

Broekhuizen, P. V., Broekhuizen Van, F., Cornelissen, R., & Reijnders, L. (2011 11-January). *Use of nanomaterials in the European Construction Industry and some occupational health aspects there of*. From <http://adsabs.harvard.edu/abs/2011JNR....13..447V>

Buratti, C., Moretti, E., & Zinzi, M. (2017). *High Energy-Efficient Windows with Silica Aerogel for Building Refurbishment: Experimental Characterization and Preliminary Simulations in Different Climate Conditions*. From <http://www.mdpi.com/2075-5309/7/1/8/htm>.

Cao, W., Cudney, H., & Waser, R. (1999). Smart materials and structures. 96, pp. 8330-8331. Irvine, CA USA: National Academies of Sciences and Engineering.

Chang, X. (2013 25-January). *NCBI*. From <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3599498/>

Commission of the European Communities. (2008). *EUR-Lex Europa EU*. From <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:52008DC0366>

Devasahayam, S. (2017). Overview of an internationally integrated nanotechnology governance. *International Journal of Metrology and Quality Engineering* , 8 (8).

Donaldson, K., Stone, V., Tran, C. L., Kreyling, W., & Borm, P. J. (2004). Nanotoxicology. *Occup Environ Med* (61), pp. 727-728.

Duncan, T. V. (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science* , 363, pp. 1-24.

European Commission. (2002). *ec.europa.eu*. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/research/fp6/pdf/fp6-in-brief_en.pdf [Accessed 26th March 2017].

EC. (2012). *EC EUROPA EU*. Retrieved 2017 from http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/review_2012_en.htm

EC. (2011). European Commisiion Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterials. *Off. J. Eur.Union (EN)* , 54, 38-40.

ECHA. (2015 11-March). *echa.europa.eu*. Retrieved 2017 from <https://echa.europa.eu/documents/10162/37907533-3ffb-4032-b9e9-96a62c557a9d>

EU. (2010 1-October). *Eur-lex.europa.eu*. Retrieved 2017 20-April from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM:114548>

EUR-Lex. (2006 18-December). Retrieved 2017 from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1907-20140410>

EUR-Lex. (2012 25-Οκτωβρίου). *EUR-Lex EUROPA EU*. Retrieved 2017 28-Απριλίου from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32012L0027>

EUR-Lex. (2000 2-February). *Eur-lex.europa.eu*. Retrieved 2017 february from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM:132042>

- EUR-LeX. (2002, Δεκεμβρίου 16). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Μαΐου 8, 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex:32002L0091>
- EUR-Lex. (2004, Απριλίου 21). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Μάιος 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0042>
- EUR-Lex. (2006, Απριλίου 5). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Απρίλιος 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex%3A32006L0032>
- EUR-LeX. (2010, Μαΐου 19). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Απριλίου 20, 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031>
- EUR-LeX. (2010, Μαΐου 19). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Μαΐος 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0001:0012:EL:PDF>
- EUR-Lex. (2011, Μαρτίου 9). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Απριλίου 28, 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0305>
- EUR-LeX. (2012, Οκτωβρίου 25). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved Απρίλιος 2017, from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex:32012L0027>
- Europarl. (2016, Δεκέμβριος). *europarl.europa.eu*. Retrieved Απριλίου 20, 2017, from http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/el/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html
- European Commission. (2011 18-October). Retrieved 2017 from EUR-Lex EUROPA EU: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32011H0696>
- European Commission Directorate General for Research. (2008b). From http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/nanocode-apr09_en.pdf
- Falkner, R., & Jasper, N. (2012 February). Regulating Nanotechnologies: Risk, Uncertainty and the Global Governance Gap. *Global Environmental Politics* , 12 (1), pp. 30-55.
- Feynman, R. (1959 йил 29-December). There's Plenty of Room at the Bottom. (R. Feynman, Ed.) *Caltech Engineering and Science* , 23:5, pp. 22-36.
- Hanani, R. J., & Dayan, T. (2014). The role of the state in regulatory policy for nanomaterials risk: Analysing the expansion of state-centric rulemaking in EU and US chemical policies. *Research Policy* (43), pp. 169-178.
- Hansen, S. F., & Baun, A. (2012). European Regulation affecting nanomaterials - Review of limitations and future recommendations. *Dose-Response* (10), pp. 364-383.
- Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013). Nanotechnology innovations for the construction industry. *Progress in Materials Science* (58), pp. 1056-1102.

Hegde, K., Kaur Bra, S., Verma, M., & Surampalli, R. Y. (2016). Current understandings of toxicity, risks and regulations of engineered nanoparticles with respect to environmental microorganisms. *Nanotechnol. Environ. Eng.* , 1:5, pp. 1-12.

<http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/aerogel-market.asp>. (2017).

Jones, W., Gibb, A., Goodier, C., & Bust, P. (2016). *Managing the unknown- Addressing the potential health risks of nanomaterials in the built environment*. Retrieved 2017 from <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2016.1241413>

JRC. (2014). *EC EUROPA EU*. From <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/towards-review-ec-recommendation-definition-term-nanomaterial-part-2-assessment-collected>

JRC. (2015). *EC EUROPA EU*. From <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/towards-review-ec-recommendation-definition-term-nanomaterial-part-3-scientific-technical>

JRC. (2014). *EU EUROPA EU*. Retrieved 2017 from <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/towards-review-ec-recommendation-definition-term-nanomaterial-part-1-compilation-information>

Kearnes, M., & Rip, A. (2009). The emerging landscape of Nanotechnology. In S. Gammel, A. Losch, & A. Nordmann (Eds.), *Jenseits von Regulierung: Zum politischen Umgang mit der nanotechnologie*. Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft.

Kimbrell, G. A. (2009). Governance of Nanotechnology and Nanomaterials: Principles, Regulation and Renegotiating the Social Contract. *Developing Oversight Approaches to Nanobiotechnology: The lessons of history/Winter 2009*, vol37 issue 4, pp. 706-723.

Kokkaliaris , S.& Maria E.-A. (2015) The legislative initiatives for smart metering as a precondition to zero energy: the case of Greece. *Advances in Building Energy Research*, vol 9, issue 1, pp. 55-72

Kosk-Bienko, J. (2009). *European Agency for Safety and Health at Work*. Retrieved 2017 March from [osha.europa.eu: https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles](https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles)

Krug, H. F., & Wick, P. (2011). Nanotoxicology: An interdisciplinary Challenge. *Angew. Chem. Int. Ed.* (50), pp. 1260-1278.

Marchant, G. E., & Sylvester, D. J. (2006). Transnational Models for regulation of Nanotechnology. *Nanotechnology* , (pp. 714-725).

Maria, E.-A., Limniou, G.-P., & Kokkaliaris, S. (2013). The energy efficiency directive and the challenges for the Hellenic legislative process in time of crisis. *Advances in Building Energy Research* , 7 (1), pp. 128-154.

Munir, A., Karim, M., Yasin, S., & Muhammad, S. F. (2016). Registration of nanomaterials and nano-enabled products; solution in regulation and governance or new challenge. *International Seminar on Nanoscience and Nanotechnology 2016*, 26 – 29 February 2016 – Shah Alam, Malaysia (pp. 10-11). Malaysia: © NANO-SciTech Centre .

Napierska, D., Thomassen, L. C., Lison, D., Martens, J. A., & Hoet, P. H. (2010). The nanosilica hazard: another variable entity. *Particle and Fibre Toxicology* (7:39).

NIA. (2017). *Nanotechia.org*. Retrieved 2017 йил 24-April from <http://www.nanotechia.org/services/databases-reporting-schemes>

Nowack, B., Krug, H. F., & Height, M. (2011). 120 Years of Nanosilver History: Implications for Policy Makers. *Environmental Science & Technology* , 45 (4), pp. 1177-1183.

Oberdoster, G. (2009). Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology. *Journal of Internal Medicine* (267), pp. 89-105.

OSHA EU. (2008). *OSHA EUROPA EU*. Retrieved 2017 from <https://osha.europa.eu/el/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>

Pagliaro, M., Ciriminna, R., & Palmisano, G. (2010). BIPV_Merging_the_Photovoltaic_with_the_Construction_Industry. *Progress in photovoltaics: research and applications* (18), pp. 61-72.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change:towards a taxonomy and a theory. *Res. Policy* , 13 (6), pp. 343-373.

Perez, O. (2010 йил April). *Social science Research Network Electronic Paper Collection*. Retrieved 2015 from <http://ssrn.com/abstract=1585222>

PrakashC.Thapliya, & Kirti, S. (2014). Aerogels as Promising Thermal Insulating Materials: An Overview. *Journal of Materials* .

Qu, X., Alvarez, P. J., & Li, Q. (2013 August). Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research* , 47 (12), pp. 3931-3946.

Rafols, I., Zwanenberg Van, P., Morgan, M., Nightingale, P., & Smith, A. (2011 йил December). Missing Links in nanomaterials governance: bridging industrial dynamics and downstream politics in view. *The Journal of Technology Transfer* , 36 (6), pp. 624-639.

Sandin, P. (1999). Dimensions of the precautionary principle. *Hum Ecol Risk Assess* , 5, pp. 889-907.

Santamouris, M., Pavlou, K., Synnefa, A., Niachou, K., & Kolokotsa, D. (2007). Recent progress on passive cooling techniques. Advanced technological developments to improve survivability levels in low-level households. *Energy and Buildings* (39), pp. 859-866.

Santamouris, M., Synnefa, A., & Karlessi, T. (2011). Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy* (85), pp. 3085-3102.

Savolainen, K., Alenius, H., Norppa, H., Pylkkänen, L., Tuomi, T., & Kasper, G. (2010). Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies-A review. *Toxicology* (269), pp. 92-104.

SCENIHR. (2014). From http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_039.pdf

Schmid, K., & Riediker, M. (2008). Use of nanoparticles in Swiss Industry: A targeted survey. *Environmental Science & Technology* , 42 (7), pp. 2253-2260.

Seaton, A., & Donaldson, K. (2005 3-December). Nanoscience, nanotoxicology, and the need to think small. *The Lancet* , 365 (9463), pp. 923-924.

Shvedova, A., Pietroiusti, A., & Kagan, V. (2016). Nanotoxicology ten years later: Lights and shadows. *Toxicology and Applied Pharmacology* (299), pp. 1-2.

Talbot, D. (2003). From www.iom3.org/fileproxy/348526: www.iom3.org/fileproxy/348526

United Nations. (1992). *unfccc.int*. Retrieved Απρίλιος 2017, from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

Walter, D. (2013 5-April). *Primary Particles – Agglomerates – Aggregates*. From <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527673919.ch1/summary>

Wiesner, M. R., Lowry, G. V., Alvarez, P., Dionysiou, D., & Biswas, P. (2006 15-July). Assessing the risks of manufactured nanomaterials. *Environmental Science & technology* , pp. 4336-4345.

Wilson, R. F. (2006). Nanotechnology: The Challenge of regulating the Known Unknowns. (pp. 704-713). *Journal of Law, Medicine & Ethics*.

WWF. (2010, Ιούνιος). *wwf.gr*. Retrieved Απρίλιος 2017, from https://www.wwf.gr/images/pdfs/WWF_NOMOreport%202010.pdf

Zmija, J., & Malachowski, M. J. (2010 July- August). New organic photochromic materials and selected applications. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* , 41 (1-2), pp. 48-56.

Γναρδέλλης Χ., Εφαρμοσμένη Στατιστική, εκδόσεις Παπαζήση 2003.

Διάφας, Α., Καλαμπαλίκης, Σ., Δενδρινού-Σαμαρά, Α., Γούλας, Α., Κακαβούτη-Δούδου, Α., & Καραμπατάκης, Β. (2014). Νανοτεχνολογία και εφαρμογές της στην ιατρική- Άρθρο ανασκόπησης. *Panoptis* , 26 (2), pp. 1-9.

ΕΛΣΤΑΤ. (2017, Ιανουάριος 16). *www.statistics.gr*. Retrieved Απρίλιος 2017, from <http://www.statistics.gr/documents/20181/1b9daa74-4c91-4caf-8388-3958525db397>

Θεοφανίδης,Φ.,2015.eclass.upatras.gr.[Online].Available at:<https://eclass.upatras.gr/courses/BMA448/>

Κολοκοτσά, Δ., Τουρνάκη, Σ., Συννεφα, Α., Τσούτσου, Θ., & Σανταμούρη, Μ. (2011). Τα ψυχρά υλικά και ο ρόλος τους στο δομημένο περιβάλλον. *ΚΤΙΠΙΟ* , pp. 83-88.

Κουτούπα-Ρεγκάκου Ευ., Δίκαιο του περιβάλλοντος (2008), 3^η έκδοση, Εκδόσεις Σάκκουλα ΑΕ.

Κυπαρισσίδης, Κ., Καμμώνα, Ό., & Χαϊτίδου, Σ. (2008 Μάιος). Εφαρμογές νανοτεχνολογίας στην Ιατρική. *Intellectum* (4), pp. 5-20.

Μαρούλης Α.Ι., & Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Κ. Π. (2007). Η αρχή της Προφύλαξης ως θεμελιώδης επιταγή της ηθικής του περιβάλλοντος. *2ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Πράσινης Χημείας*. Θεσσαλονίκη.

Μπάλιας, Γ. (2005). *Η Αρχή της Προφύλαξης στο Διεθνές, Κοινοτικό και Συγκριτικό Δίκαιο*. Εκδόσεις Αντ. Ν. Σάκκουλα.

Πανηγυράκης, Γ., 2008. *opencourses.aueb.gr*. [Online] Available at: <https://opencourses.aueb.gr/modules/document/file.../3.%20Market%20Research.pptx> [Accessed 2017].

Παπαευθυμίου, Σ., Λευθεριώτης, Γ., & Γιαννούλης, Π. (2006). <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=13862>. *8ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες μορφές ενέργειας* . Θεσσαλονίκη.

Ρουσάνογλου Ν. /Καθημερινή. (2015, Ιανουαρίου 31). *kathimerini.gr*. Retrieved Απρίλιος 2017, from <http://www.kathimerini.gr/801760/article/oikonomia/real-estate/oikodomh-h-megalh-xamenh-ths-e3aetoys-oikonomikhs-krishs>

Ρουσάνογλου Ν. /Καθημερινή. (2016, Σεπτέμβριος 22). kathimerini.gr. Retrieved Απριλιος2017,from <http://www.kathimerini.gr/875905/article/oikonomia/epixeirhseis/katerreyse-o-klados-ths-oikodomhs-sth-diarkeia-ths-krishs>

Σιούτη Γλ., Εγχειρίδιο Δικαίου Περιβάλλοντος (2011), 2^η έκδοση, Εκδόσεις Σάκκουλα ΑΕ.

Σταυρίδου, Α. (2006 Νοέμβριος Δεκέμβριος). Αναδυόμενες Ιδιότητες Υλικών, Σημερινές Ιδιότητες και Προοπτικές. *Αρχιτέκτονες* .

ΦΕΚ. (2008 17-Ιουνίου). Retrieved 2017 6-Απριλίου from <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=dHyB72mb%2BpI%3D&tabid=282&language=el-GR>

ΦΕΚ. (2014 15-Ιουλίου). Retrieved 2017 6-Απριλίου from http://www.sate.gr/data_source/2014%CE%A5%CE%A0%CE%95%CE%A7%CE%A9%CE%94%CE%95-27758.pdf

Χαλικίας Μ, Μεθοδολογία έρευνας για διοικητικά στελέχη, σημειώσεις στο eclass.teipir.gr